



cenicaña

I
N
F
O
R
M
E

A
N
U
A
L

2
0
0
7

Publicación Cenicaña
ISSN 0120-5854

CITA BIBLIOGRÁFICA

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2008.
Informe Anual 2007. Cali, Cenicaña. 108 p.

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

DIRECCIÓN POSTAL

Calle 58 norte No. 3BN-110
Cali, Valle del Cauca, Colombia

ESTACIÓN EXPERIMENTAL

San Antonio de los Caballeros
Vía Cali-Florida km 26
Tel: (57-2) 260 66 11
Fax: (57-2) 260 78 53
www.cenicana.org
buzon@cenicana.org

600 ejemplares
Impreso en Colombia

Notas aclaratorias:

En los informes de investigación que se presentan en esta publicación, los sitios de las pruebas experimentales están referidos a la tercera aproximación de la zonificación agroecológica en razón de que la cuarta aproximación fue elaborada en los días finales de 2007.

La mención de productos comerciales tiene solamente el propósito de ilustrar a los lectores acerca de las pruebas realizadas y en ningún caso compromete a Cenicaña con los fabricantes, quienes no están autorizados para usar los resultados con fines promocionales ni publicitarios.

Contenido

- i** Junta Directiva, 2007
- 1** Informe del Director General
- 5** Producción azucarera en el valle del río Cauca y comportamiento del clima durante 2007
- 9** Agricultura específica por sitio
- 21** Corte de caña, alce, transporte y entrega de la materia prima a la fábrica
- 29** Producción de etanol combustible
- 35** Programa de variedades
- 45** Programa de agronomía
- 56** Programa de procesos de fábrica
- 61** Servicio de análisis económico y estadístico
- 69** Servicio de cooperación técnica y transferencia de tecnología
- 75** Servicio de tecnología informática
- 78** Servicio de información y documentación
- 80** Laboratorios de análisis
- 80** Superintendencia de la Estacion Experimental
- 81** Anexo
- 100** Siglas, símbolos y abreviaturas
- 101** Referencias bibliográficas



Nuestra misión

Contribuir al desarrollo de un sector competitivo por medio de la investigación, la transferencia de tecnología y el suministro de servicios especializados, logrando y manteniendo la excelencia, para que el sector juegue un papel sobresaliente en el mejoramiento socioeconómico y en la conservación de un ambiente productivo, agradable y sano en las zonas azucareras.

Visión

Ser un centro generador de resultados que mejoren la competitividad del sector azucarero colombiano y lo hagan sostenible, reconocido por sus colaboradores como el mejor lugar de trabajo y por la industria azucarera y la comunidad científica nacional e internacional como un centro de excelencia.

Valores organizacionales

Coherencia, integridad, lealtad, respeto, responsabilidad.






cenicaña
XXXAÑOS
1977 - 2007

Junta Directiva, 2007

Juan José Lülle Suárez

Presidente

Nohra Pérez Castillo

Secretaria

Principales

Juan José Lülle Suárez

Presidente
Incauca S.A.

Alberto Potes Potes

Gerente de Operaciones
Riopaila Industrial S.A.

Adolfo León Vélez Vélez

Gerente General
Ingenio Manuelita S.A.

Silvio Freddy Quintero Muñoz

Gerente General
Ingenio Pichichí S.A.

Luis Fernando Londoño Capurro

Presidente
Asocaña

Rodrigo Villegas Tascón

Representante de los cultivadores
afiliados a Asocaña

José Vicente Irurita Rivera

Presidente Junta Directiva
Procaña

Suplentes

Jorge Santiago Arango Franco

Vicepresidente de Campo
Incauca S.A.

Humberto Benítez Bueno

Gerente de Operaciones
Castilla Industrial S.A.

Germán Jaramillo Villegas

Asesor
Ingenio La Cabaña S.A.

César Augusto Arango Isaza

Gerente General
Ingenio Risaralda S.A.

Mauricio Iragorri Rizo

Gerente General
Ingenio Mayagüez S.A.

Bernardo Silva Castro

Representante de los cultivadores
afiliados a Asocaña

Guido Mauricio López Ochoa

Vicepresidente Junta Directiva
Procaña

Comités de la Junta

Comité Ejecutivo

Presidente

Luis Fernando Londoño Capurro

Presidente
Asocaña

Comité de Programas

Presidente

Jorge Santiago Arango Franco

Vicepresidente de Campo
Incauca S.A.

Comités de Investigación

Campo

Presidente

Jaime Fernando Gómez Peña

Jefe de Tecnología Agrícola
Ingenio Manuelita S.A.

Cosecha

Presidente

Yonny Armando Escobar Muñoz

Jefe de Cosecha
Ingenio Mayagüez S.A.

Fábrica

Presidente

Hugo Vásquez Pinzón

Gerente de Fábrica
Ingenio Mayagüez S.A.

Informe del Director General



Álvaro Amaya Estévez, Ph.D.

El entorno y su efecto en la productividad

En la última década la agroindustria de la caña de azúcar en Colombia ha mejorado su productividad en términos de la producción de caña y azúcar por unidad de área, lo cual se ha visto reflejado en la rentabilidad del sector. El sostenimiento de esta tendencia depende tanto de la innovación tecnológica y la orientación de las decisiones que resultan estratégicas en un momento dado, como de factores de difícil control entre los que se cuentan el clima y algunos elementos de la macroeconomía, como los precios del petróleo y el azúcar y la tasa de cambio.

Así por ejemplo, durante 2007 dichos factores afectaron negativamente la productividad del cultivo en comparación con los resultados obtenidos el año anterior. Los excesos de la precipitación atmosférica en 2006 y 2007 con respecto a la media anual climatológica señalan incrementos en la cantidad de lluvia cercanos al 17%, lo cual ha llevado a posponer los planes de renovación de las plantaciones en los dos últimos años y ha impedido, en muchos sitios, la realización oportuna de algunas labores de levantamiento del cultivo. Sólo en 2007, el 68% de las suertes cosechadas correspondió a cañas con cuatro cortes o más.

No obstante el menor valor absoluto del promedio observado en las toneladas de caña producidas por hectárea en 2007 con respecto a 2006 (TCH=114 y 118, respectivamente), lo cierto es que, al tener en cuenta la edad de cosecha, la producción de caña por año se ha mantenido estable (9.2 toneladas por hectárea/mes) dada la reducción de la edad en medio mes durante 2007. Producciones de caña por hectárea similares a las de 2007 se presentaron en 1990 y 1991 (TCH=117 y 118, respectivamente), cuando la edades fueron de 12.9 meses y 13.4 meses y el rendimiento en azúcar alcanzó valores de 11.2%. En 2007 el rendimiento comercial fue de 11.6% (0.2 unidades menos que en 2006). Es decir, el rendimiento de hoy es mayor al obtenido a comienzos de la década de los noventa cuando la producción de caña por hectárea fue similar a la de 2007. El aumento del rendimiento se explica por la contribución de las variedades de caña de azúcar y las mejoras hechas por la industria en los procesos de cosecha, extracción de sacarosa y elaboración de azúcar.

De acuerdo con lo anterior, el reto ante las circunstancias actuales de producción, clima e ingresos, se encuentra en el manejo del campo y la cosecha, en el rigor del seguimiento al desarrollo del cultivo con el enfoque de la agricultura específica por sitio, el corte de la caña con maduración adecuada y el control de la logística de cosecha que contribuya a minimizar los daños al campo y al cultivo y a reducir los niveles de materia extraña que llega a las fábricas.

El uso de la información sobre el tiempo meteorológico en el manejo del cultivo y la cosecha y la adopción de las tecnologías con mejor adaptación a las características de los suelos en cada sitio de cultivo, son algunas de las decisiones que pueden ayudar a neutralizar los efectos adversos de los factores no controlables en la actividad agroindustrial. Para apoyar a los administradores y a los productores en estos aspectos, Cenicaña mejora continuamente los sistemas de información geográfica, técnica y económica en el sector, facilita la transferencia de tecnología y la comunicación entre los distintos actores involucrados y acompaña a los ingenios y los cultivadores donantes en los procesos de decisión y adopción de las innovaciones tecnológicas en las unidades productivas.

Con la oferta de soluciones tecnológicas desarrolladas en conjunto con los cultivadores de caña para atender los problemas que éstos enfrentan en las condiciones específicas de cada sitio de cultivo y el trabajo cooperativo con los ingenios azucareros y alcoholeros en el seguimiento de las operaciones y el mejoramiento de los procesos, Cenicaña respalda al sector en sus proyecciones de productividad y rentabilidad.

Hechos relevantes

En las páginas internas de esta publicación se presentan los avances principales de los proyectos y las actividades de Cenicaña en 2007, entre los que se destacan:

- La actualización de la zonificación agroecológica con base en el estudio detallado de los suelos e información más precisa acerca de las condiciones de humedad en cada sitio de cultivo, a partir de la cual se tendrá mayor confianza en la extrapolación de los resultados de investigación y en la información de apoyo para la adopción de tecnologías integrales específicas por sitio.
- Avances en la selección de variedades que se muestran promisorias como alternativas de reemplazo de CC 85-92 y CC 84-75. Es el caso de las variedades CC 93-4181 y CC 93-4418 en las zonas semisecas y la variedad CC 99-2282 en las zonas húmedas, donde además se identificaron ocho clones de las series 03 y 04 que continuarán en la fase de evaluación regional. En zonas de piedemonte han sobresalido las variedades CC 04-667 y CC 04-844 que continuarán en evaluación.
- Resultados preliminares de la experimentación en riego que muestran oportunidades para reducir los costos por el uso de agua en aplicaciones con caudal reducido y riego de alta frecuencia en suelos de alta infiltración. Igualmente, oportunidades para la fertigración mediante el riego por pulsos, el cual tiene beneficios demostrados en el ahorro de agua y el rendimiento de la labor (1200 m³/ha y 3.8 jornales ha/día), además de ventajas debidas a la uniformidad de distribución del agua a lo largo de los surcos.
- Resultados en plantilla que señalan oportunidades para incrementar la producción de caña y sacarosa en zonas muy húmedas con la aplicación de dosis suplementarias de nitrógeno (dosis de ajuste).

- Avances en el proyecto CATE (corte de caña, alce, transporte y entrega a fábrica) en relación con la capacitación de ingenieros y supervisores de cosecha en aspectos de logística, lo cual ha producido mejoras en las operaciones, la caracterización de tiempos y movimientos en la entrega de caña en patios, los estudios básicos de la compactación inducida en el suelo por el tráfico de la maquinaria y el rediseño de vagones para la descarga lateral de caña a las mesas de recepción en fábrica.
- Establecimiento del plan de manejo y control del salivazo *Aeneolamia varia* que apareció a mediados del año afectando plantaciones de caña de azúcar en áreas del centro de la región azucarera; plan coordinado con los ingenios y los cultivadores, Asocaña, el ICA, el Ministerio de Agricultura y la CVC, con el apoyo de un comité de expertos, quienes además ayudaron a orientar el plan de las investigaciones requeridas para establecer un programa de manejo integral de la plaga.
- Avances en el desarrollo de aplicaciones de geomática para la agricultura específica por sitio, con proyecciones en agricultura de precisión.
- Acompañamiento técnico a la industria en la evaluación de operaciones y en el análisis y la implementación de proyectos de mejoramiento de proceso en química, ingeniería mecánica y energía. Institucionalización de la plataforma de servicios en procesos de fábrica con personal propio y apoyo externo, con resultados positivos en la atención de solicitudes en las plantas azúcar y etanol, la documentación de los servicios y la formulación de propuestas.
- Progreso en el desarrollo de nuevos estudios relacionados con el control de microorganismos que afectan la eficiencia de la transformación de azúcares en etanol y con la identificación de levaduras nativas que pueden mejorar la eficiencia de fermentación.
- Fortalecimiento de los equipos de trabajo con el sector productivo en temas de campo, cosecha, fábrica y costos.

Proyectos vigentes y nuevas actividades

El desarrollo de variedades de caña de azúcar adaptadas a condiciones específicas, el mejoramiento y afinamiento de la tecnología específica para las principales zonas agroecológicas y para las variedades que se adapten a ellas, continuarán siendo los pilares de la investigación para el campo. Así mismo, la prestación de servicios técnicos, la validación de tecnología y el mayor conocimiento de algunas de ellas a través de la investigación, son la base de las actividades en procesos de fábrica. El logro de los objetivos propuestos se complementa con la transferencia de tecnología y la capacitación.

En el contexto actual han surgido nuevas necesidades tecnológicas que, analizadas junto con el sector, se consideran prioritarias como objetos de desarrollo por parte de Cenicaña. En algunas se han iniciado actividades y otras serán adelantadas en los próximos años. Los objetivos generales de las nuevas áreas de desarrollo

tecnológico son: (a) Mejorar los estándares tecnológicos en el sistema de cosecha, transporte y entrega de caña, proyecto CATE; (b) Validar e investigar en microbiología de los suelos, la planta de caña, los procesos de elaboración de azúcar y etanol, la descomposición de residuos, el manejo de vinazas y la protección del ambiente; (c) Desarrollar un sistema para el manejo y control integrado del salivazo, *A. varia*; (d) Evaluar el potencial de la producción de caña en otras regiones de Colombia, su maduración y la adaptación de las nuevas variedades; (e) Estudiar la fisiología de los procesos que controlan la producción de caña y la acumulación de azúcar. De forma complementaria, se considera prioritaria la capacitación tanto de nuevos investigadores como de las personas vinculadas con las empresas del sector.

Cenicaña y su papel en el desarrollo del sector azucarero

En 2007 se cumplieron 30 años de la fundación de Cenicaña. Quiero aprovechar la ocasión para reiterar la gratitud de nuestra institución con el sector azucarero, ingenios y cultivadores, y con las instituciones nacionales e internacionales que han participado con nosotros en el desarrollo de proyectos conjuntos. El posicionamiento de la agroindustria azucarera colombiana en el contexto nacional y mundial debido a los desarrollos obtenidos por el Centro es fruto del compromiso permanente de todo el personal de Cenicaña y constituye un reto que nos proyecta para los años venideros.

Tres décadas de desarrollo tecnológico han generado beneficios para el sector y ha sido también un período en el cual hemos aprendido de quienes necesitan la tecnología, de quienes tienen experiencia en el mundo fascinante de la caña de azúcar y de quienes poseen el conocimiento. Y, por supuesto, ello no hubiera sido posible sin la creatividad y permanente actualización y capacitación del personal de Cenicaña para responder a los requerimientos tecnológicos del sector.

Aunque nuestra misión tiene como eje la investigación, actualmente abarcamos más que dicho propósito. Cenicaña es hoy:

- Un Centro de **investigación e innovación**, con resultados que generan valor.
Una organización de **transferencia de tecnología** que facilita y promueve la participación de los investigadores y los beneficiarios en todos los procesos, desde la planeación de la investigación hasta la adopción de las innovaciones.
- Un agente de **apoyo y cooperación técnica** al sector productivo a través de la prestación de servicios de laboratorio, información y documentación, análisis de información económica y comercial, meteorológica y de calidad del aire, validación de tecnología, evaluación de operaciones y procesos en las fábricas de azúcar y etanol, desarrollo de sistemas de información geográfica, entre otros.
- Un **Centro con visión de industria, con experiencia y conocimiento**, con capacidad para evaluar y apoyar proyectos nuevos del sector y capacidad de gestión con otras organizaciones para responder a la dinámica de la agroindustria. Es más que investigación.

Producción azucarera en el valle del río Cauca y comportamiento del clima durante 2007

Producción de caña y azúcar

Se presenta el resumen de los resultados de producción comercial en la agroindustria azucarera colombiana acumulados a diciembre 31 de 2007, correspondientes a la caña cosechada por trece ingenios localizados en el valle del río Cauca en tierras con manejo directo de éstos y en tierras de proveedores.

Los datos de cultivo, la producción de caña y el rendimiento comercial en azúcar fueron suministrados por los ingenios Carmelita, Castilla Industrial, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Industrial, Risaralda y Sancarlos; en los indicadores de fábrica se incluyen los ingenios anteriores, excepto Carmelita, Central Tumaco y María Luisa. Durante el período de observación, en plantas fermentadoras-destiladoras anexas a las plantas de azúcar de los ingenios Incauca, Manuelita, Mayagüez, Providencia y Risaralda se produjeron en conjunto 1,100,000 litros diarios de etanol, valor estimado; las materias primas fueron jugo claro, miel B y meladura.

En comparación con 2006, los índices de campo de la agroindustria azucarera muestran que en 2007 aumentaron el área sembrada, el área cosechada, el número de suertes cosechadas y el número de corte de la caña; las toneladas de caña por hectárea y mes fueron iguales en ambos años, mientras que los demás indicadores de la productividad de campo presentaron disminuciones. El incremento del área cosechada no se vio reflejado en las toneladas totales de caña cosechada, debido a la disminución de las toneladas de caña producidas por hectárea.

En fábrica se registraron incrementos en los índices de fibra % caña y pérdidas de sacarosa en bagazo y en miel final (% caña), al tiempo que disminuyeron las toneladas de caña molida, la sacarosa % caña, el rendimiento real, las toneladas de azúcar producido, las pérdidas de sacarosa en cachaza % caña y las pérdidas de sacarosa indeterminadas % caña (ver cuadro en la página siguiente).

En el 90% del área total cosechada en 2007 participaron las variedades CC 85-92 (64.7%), CC 84-75 (14.5%), V 71-51 (6.5%), PR 61-632 (2.5%) y MZC 74-275 (1.5%). Las variedades CC 87-434, CC 87-505, CC 92-2198, CC 93-3895 y CC 93-7510 fueron cosechadas a escala semicomercial en el 3% del área total. Durante el año se registraron incrementos en el área sembrada con CC 85-92 (64.8% a 68.2%) y con las semicomerciales CC 93-3895 (0.7% a 1.0%) y CC 92-2198 (0.5% a 0.6%).

Indicadores de productividad de la industria azucarera colombiana en 2006 y 2007

Indicador	Primer trimestre 2007	Segundo trimestre 2007	Tercer trimestre 2007	Cuarto trimestre 2007	Enero-diciembre		Diferencia 2006-2007 (%) (°C)
					2006	2007	
Campo (datos de trece ingenios) ¹							
Área neta sembrada con caña de azúcar (ha)	-	-	-	-	203,184	208,161	2.45
Área cosechada (ha)	48,812	40,243	52,443	43,68	179,608	184,866	2.9
Número de suertes cosechadas	5,843	5,123	6,507	5,484	22,429	22,957	2.4
Edad de corte (meses)	12.8	12.6	12.3	12.5	13.0	12.5	-3.8
Número de corte	5.2	5.3	4.8	5.3	4.9	5.1	4.1
Toneladas de caña por hectárea (TCH)	108.3	113.2	117.7	116.2	118.4	113.9	-3.8
Toneladas de caña por hectárea y mes (TCHM)	8.6	9.1	9.6	9.4	9.2	9.2	0.0
Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	12.7	12.6	13.8	13.6	14.0	13.2	-5.7
Toneladas de azúcar por hectárea y mes (TAHM)	1.01	1.01	1.13	1.10	1.08	1.06	-1.9
Toneladas totales de caña cosechada	5,239,839	4,568,181	6,130,318	5,025,653	21,222,689	20,963,991	-1.2
Toneladas totales de azúcar (estimadas) ²	613,360	506,255	717,650	585,008	2,498,648	2,422,274	-3.1
Rendimiento comercial (%) ³	11.7	11.1	11.8	11.7	11.8	11.6	-1.7
Fábrica (datos de diez ingenios) ⁴							
Toneladas totales de caña molida ⁵	4,957,448	4,132,550	5,834,782	4,730,031	20,525,210	19,654,811	-4.2
Toneladas totales de azúcar producido ⁶	586,685	461,183	699,906	565,102	2,450,988	2,312,876	-5.6
Rendimiento real en base en 99,7% Pol ⁷	11.9	11.2	12.0	11.8	11.9	11.8	-1.49
Fibra % caña	14.7	15.3	14.3	15.2	14.8	14.8	0.2
Sacarosa aparente % caña	13.6	12.8	13.6	13.4	13.6	13.4	-1.60
Pérdidas de sacarosa en bagazo % caña	0.6	0.57	0.56	0.54	0.54	0.57	5.4
Pérdidas de sacarosa en cachaza % caña	0.1	0.10	0.08	0.11	0.11	0.10	-13.1
Pérdidas de sacarosa en miel final % caña	0.8	0.76	0.81	0.75	0.77	0.78	1.1
Pérdidas de sacarosa indeterminadas % caña	0.2	0.24	0.16	0.14	0.23	0.19	-14.3
Clima (datos de 33 estaciones RMA) ⁸							
Precipitación (mm)	236	461	246	485	1276	1428	11.9 %
Oscilación media diaria de la temperatura (°C)	11.9	10.3	11.7	10.2	10.7	11.0	0 °C
Radiación solar media diaria (cal/cm²xdía)	452	396	433	394	414	418	1.0 %
Condición climática externa	Normal	Normal	Niña leve	Niña moderada	Normal (Niño leve)	Normal (Niña)	-

1. Ingenios Carmelita, Castilla Industrial, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Industrial, Risaralda y Sancarlos.
2. Toneladas totales de azúcar (estimadas): suma de las toneladas totales de azúcar de todas las suertes cosechadas durante el período, estimadas con base en el rendimiento comercial multiplicado por las toneladas totales de caña cosechadas en cada suerte.
3. Rendimiento comercial: porcentaje (%) de azúcar (en peso) recuperado por tonelada de caña molida. Resultado promedio ponderado por las toneladas totales de caña molida (ver numeral 6 en este pie de cuadro).
4. Todas las cifras de fábrica corresponden a promedios ponderados con respecto a las toneladas totales de caña molida reportadas por 10 ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada Inter Ingenios: Castilla Industrial, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Industrial, Risaralda y Sancarlos.
5. Toneladas totales de caña molida: comprende la caña en existencia en patios más la caña que entra durante el período menos el saldo en patios al finalizar el período (existencias + caña entrada – saldo en patios).
6. Toneladas totales de azúcar producido: suma de las toneladas totales de las diferentes clases de azúcar producido.
7. Rendimiento real: porcentaje (%) de azúcar neto (en peso) obtenido por tonelada de caña molida, en donde el azúcar neto corresponde al azúcar elaborado y empacado más la diferencia de los inventarios anterior y actual del azúcar de los materiales en proceso en el período considerado (mieles, masas, magmas, meladuras y jugos). Este índice convierte todos los tipos de azúcares a una misma base de contenido de Pol 99,7^o, el cual corresponde al tipo de azúcar de mayor producción en el sector, el azúcar blanco.
8. RMA: Red Meteorológica Automatizada.

Valores medios multianuales 1994-2007	Precipitación (mm)	Radiación solar media diaria (cal/cm ² xdía)	Oscilación media diaria de la temperatura (°C)
Primer trimestre (ene.-mar.)	286	425	11.0
Segundo trimestre (abr.-jun.)	378	398	10.2
Tercer trimestre (jul.-sep.)	183	426	11.8
Cuarto trimestre (oct.-dic.)	373	404	10.3
Acumulado 12 meses (ene.-dic.)	1221	413	10.8

Un análisis comparativo 2006-2007 de la eficiencia productiva en la agroindustria se presenta con detalle en las páginas 62 a 65 de este informe. Como ejemplo se utilizaron los resultados en dos grupos de suertes homogéneas que corresponden a suelos de alta fertilidad en sitios con condiciones normales de humedad y a suelos de fertilidad baja en sitios de humedad media.

Generalidades del comportamiento del clima

En el océano Pacífico tropical, el año 2007 se caracterizó por la presencia del fenómeno de La Niña que fue declarado oficialmente por la Organización Mundial Meteorológica (OMM) a partir de agosto con una intensidad inicial leve que luego pasó a ser moderada.

Este fenómeno externo de macroescala influyó en el tiempo meteorológico en el valle del río Cauca, donde la precipitación atmosférica media anual fue superior en 17% con respecto al valor multianual (1994-2007) y en 11.9% en comparación con 2006; sólo entre julio y diciembre sobrepasó en 31% el valor medio multianual acostumbrado en el segundo semestre. Aunque el promedio de 1428 mm para todo el valle estuvo en el rango de precipitaciones normales, es importante destacar las diferencias mensuales con respecto a los valores habituales (ver cuadro en la página siguiente).

De acuerdo con los registros de 33 estaciones de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) del sector azucarero, los mayores valores mensuales de precipitación se presentaron en abril y octubre (232 mm y 215 mm), seguidos de mayo, diciembre y noviembre (168 mm, 149 mm y 122 mm, respectivamente). En el promedio anual, los valores más altos de precipitación tuvieron lugar en las estaciones de Viterbo y Risaralda en el norte del valle (media anual de 2437 mm y 2274 mm) y en la estación Corinto ubicada en el sur (2032 mm). Las cantidades de lluvia fueron menores en febrero, septiembre, junio, enero, julio y agosto, cuando fluctuaron entre 113 mm y 31 mm. Los sitios de precipitaciones más bajas correspondieron a las áreas de influencia de las estaciones Guacarí, Arroyohondo, Aeropuerto ABA y San Marcos, ubicadas en el centro del valle, donde los valores medios anuales oscilaron entre 967 mm y 847 mm.

Todas las variables analizadas presentaron un comportamiento normal en 2007 con respecto a los valores medios multianuales. Los promedios anuales para todo el valle del río Cauca fueron: temperatura mínima media de 18.8 °C, temperatura máxima media de 29.7 °C, temperatura media del aire de 23.1 °C, oscilación de la temperatura de 11.0 °C, humedad relativa del aire de 79% y radiación solar media diaria de 418 cal/cm²/día. Información completa de la RMA se encuentra en el sitio web de Cenicaña.

Porcentaje de precipitación mensual en 2007 con respecto al promedio climatológico 1994-2007 (%)

Estación RMA	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Viterbo	129	16	157	184	126	132	92	177	41	140	82	146
Risaralda	116	8	177	112	119	51	151	207	111	158	98	145
Cartago	85	41	159	150	124	63	195	228	74	127	155	112
Zarzal	60	29	165	190	137	97	175	245	132	93	66	112
La Paila	49	55	124	153	189	112	187	264	80	126	76	219
Bugalagrande	78	47	106	194	188	41	249	272	97	145	92	197
Riofrío	48	99	145	124	110	110	118	219	105	113	100	219
Tuluá	43	70	81	157	73	139	237	241	103	143	166	269
Yotoco	241	51	93	127	113	51	249	255	93	199	71	136
Guacarí	129	39	66	132	124	68	70	268	38	157	58	182
Ginebra	101	49	103	168	116	52	208	279	13	173	60	139
Amalme	126	89	56	174	109	60	174	205	20	132	64	133
San Marcos	94	19	95	141	110	73	137	220	66	129	41	121
Palmira-La Rita	179	36	48	154	103	72	149	319	39	131	57	187
Arroyohondo	54	8	111	117	190	84	137	294	49	116	59	125
Aeropuerto	56	29	75	111	82	62	154	342	83	125	82	225
Base Aérea	39	9	168	173	90	29	70	151	45	149	87	142
Candelaria	82	32	63	156	87	20	81	380	63	168	84	144
Pradera	7	77	67	185	129	58	322	337	64	202	111	169
Meléndez	54	33	108	102	155	36	91	266	18	144	68	209
Cenicaña	84	43	87	169	70	49	201	218	14	138	53	107
Jamundí	44	44	101	159	146	55	179	239	56	199	70	164
Boca del Palo	40	36	126	100	117	61	105	278	47	175	89	131
Ortígal	45	6	88	157	135	126	102	287	62	188	107	156
Miranda	91	26	129	81	157	67	116	215	36	183	98	143
Naranjo	85	37	116	92	110	37	318	247	48	168	100	71
Corinto	84	30	73	120	131	90	154	120	65	194	91	118
Santander de Quilichao	130	112	82	117	178	60	120	110	35	244	92	112
Promedio	85	42	106	143	126	70	162	246	61	156	84.8	155

* Durante 2007 estuvieron en operación 33 estaciones automáticas de las 34 que conforman la RMA. Estuvo fuera de servicio la estación Palmira-San José.

Clave de lectura:

Rango	Interpretación
Rel. < 50%	Muy por debajo
50% < Rel. < 80%	Por debajo
80% < Rel. < 120%	Normal
120% < Rel. < 150%	Por encima
Rel. > 150%	Muy por encima

Agricultura específica por sitio

Para promover que se adopte el enfoque de la agricultura específica por sitio en la administración y el manejo de las unidades productivas de caña de azúcar en el valle del río Cauca, Cenicaña realiza aproximaciones sucesivas de la zonificación agroecológica, desarrolla tecnologías limpias, impulsa la innovación y facilita el acceso a los datos y la información disponibles.

Durante 2007 concluyó el estudio detallado de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en 216,765 hectáreas del valle del río Cauca, a partir del cual se elaboró la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica en la que se identificaron 149 zonas caracterizadas por factores biofísicos relativamente estables y en las cuales se espera que la respuesta del cultivo sea bastante homogénea en términos de producción.

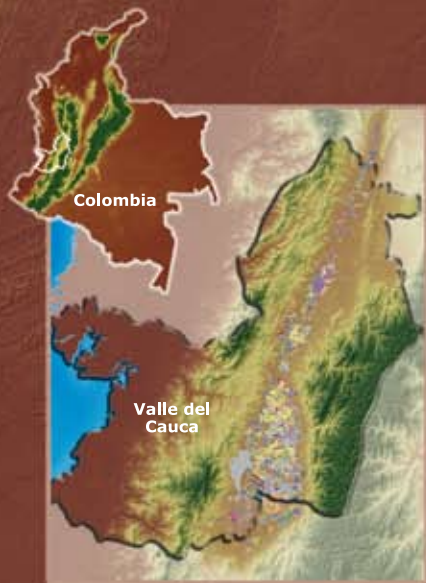
La validez de la zonificación agroecológica para la ubicación de las variedades de caña de azúcar en función de la productividad del cultivo fue verificada mediante la cuantificación de la interacción variedad por sitio, en evaluaciones a escala experimental.

Para apoyar el desarrollo de la agricultura específica por sitio y su adopción en las actividades de investigación y producción, Cenicaña administra la Red Meteorológica Automatizada y la Red de Monitoreo de Material Particulado PM-10, coordina la optimización de la red pluviométrica del sector azucarero y desarrolla aplicaciones de geomática basadas en el uso de sistemas de percepción remota, posicionamiento global, información geográfica y comunicación. Ofrece herramientas de apoyo para el análisis de la información, disponibles en línea a través de la extranet del Centro.

Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica

En la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca se identificaron 149 zonas definidas por factores biofísicos que caracterizan los suelos, ordenados en 33 Grupos Homogéneos de Suelos, y sus condiciones de humedad, ordenadas en seis Grupos de Humedad. En el Anexo, página 82, se presenta la descripción general de los grupos conformados.

La nomenclatura de las nuevas zonas agroecológicas está definida por un número inicial entre 1 y 33 que identifica el Grupo Homogéneo de Suelos, seguido de la letra "H" unida a un número entre 0 y 5 que identifica el Grupo de Humedad. Así, por ejemplo, la zona agroecológica 11H3 reúne los suelos clasificados en el Grupo Homogéneo de Suelos 11, donde prevalecen las características del Grupo de Humedad 3 (ver mapas en las páginas siguientes).



Zonificación agroecológica, cuarta aproximación*

* La nomenclatura de las nuevas zonas agroecológicas está definida por un número inicial entre 1 y 33 que identifica el Grupo Homógeno de Suelos, seguido de la letra "H" unida a un número entre 0 y 5 que identifica el Grupo de Humedad. Así, por ejemplo, la zona agroecológica 11H3 reúne los suelos clasificados en el Grupo Homógeno de Suelos 11, donde prevalecen las características del Grupo de Humedad 3.

Santander de Quilichao

Jamundí

Cali

Candelaria

Pradera

Florida

Miranda

Palmira

Yumbo

Vijes

Cerrito

Buga

Tuluá

Bugalagrande

Zarzal

La Unión

Obando

Cartago

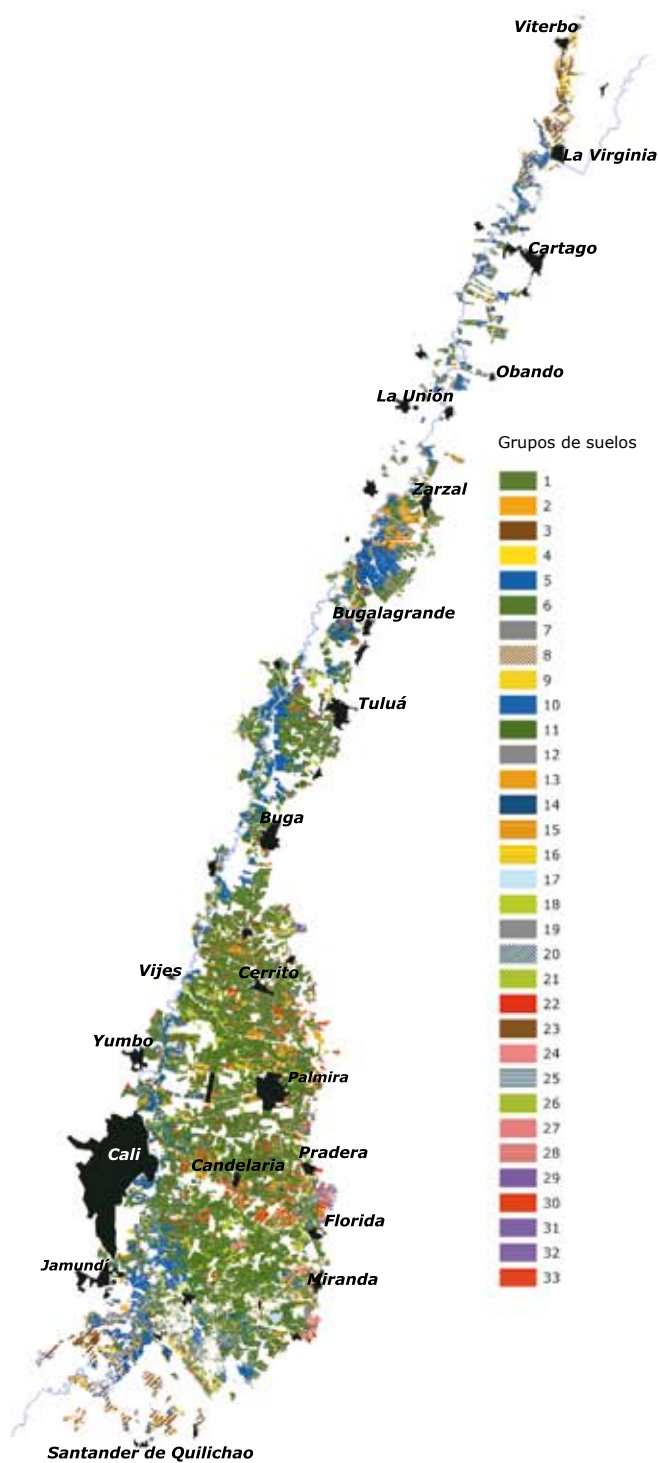
La Virginia

Viterbo

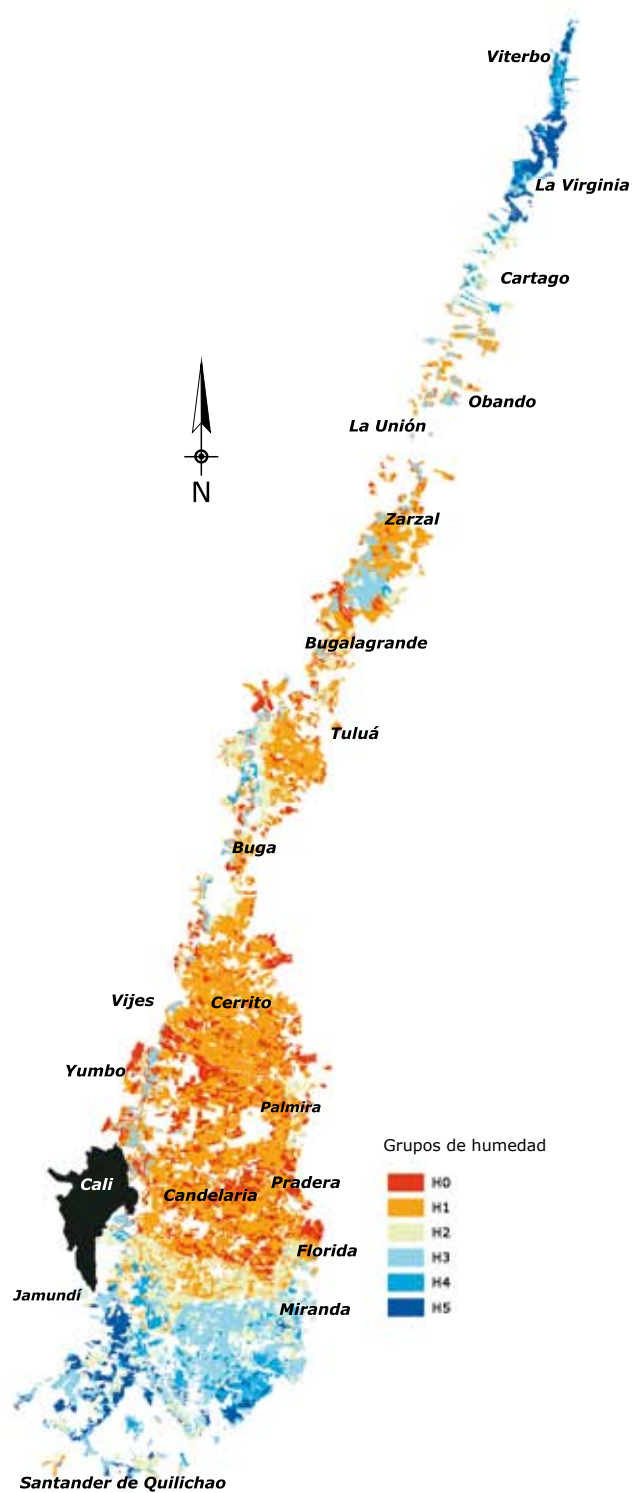


Zona Agroecológica	Área (ha)
1H0	465
1H1	5254
1H2	1135
1H3	307
1H4	38
1H5	35
2H0	127
2H1	127
2H2	34
2H3	345
2H4	20
3H1	15
3H2	107
3H3	668
3H4	662
3H5	102
4H1	288
4H2	131
4H3	134
5H2	3869
5H3	5310
5H4	1092
5H5	2656
6H0	2099
6H1	36237
6H2	6812
6H3	3288
6H4	2105
6H5	67
7H0	1273
7H1	2139
7H2	1321
7H3	222
8H1	108
8H2	985
8H3	3189
8H4	1138
8H5	945
9H2	150
9H3	545
9H4	314
9H5	346
10H2	1810
10H3	5617
10H4	4010
10H5	5091
11H0	19658
11H1	23839
11H2	8435
11H3	11179
11H4	1316
11H5	165
12H1	7
12H2	33
12H3	221
12H4	0
13H1	197
13H2	884
13H3	189
13H5	215
14H1	812
14H2	1019
14H3	124
14H4	162
14H5	217
15H0	756
15H1	5189
15H2	323
15H3	141
15H4	3
16H2	81
16H3	135
16H4	309
16H5	126
17H2	97
17H3	556
17H4	622
17H5	99
18H0	3036
18H1	4281
18H2	2729
18H3	788
18H4	265
18H5	38
19H0	48
19H1	38
19H2	96
20H1	84
20H2	9
20H3	37
20H4	87
20H5	135
21H0	1766
21H1	584
21H2	604
21H3	54
22H0	2485
22H1	313
22H2	114
22H3	36
22H5	28
23H0	517
23H1	3246
23H2	603
23H3	68
23H4	87
24H2	282
24H3	220
24H4	72
25H2	49
25H3	200
25H4	183
25H5	153
26H0	786
26H1	1281
26H2	38
26H3	25
26H4	6
27H0	116
27H1	154
27H3	320
27H4	20
28H2	4
28H3	123
28H4	4
29H0	573
29H1	325
29H2	20
29H3	13
30H0	2236
30H1	3605
30H2	758
30H3	241
30H4	5
31H0	1367
31H1	246
31H2	233
31H3	188
31H4	39
32H0	141
32H1	90
32H2	207
32H3	3
32H4	68
33H0	213
33H1	6
33H2	46
33H3	113
33H4	32

Grupos homogéneos de suelos



Grupos de humedad



La descripción de los grupos de suelos y los grupos de humedad se encuentra en el anexo, página 84.

► Información complementaria en www.cenicana.org

Los factores que se tuvieron en cuenta para la conformación de los grupos homogéneos de suelos fueron la familia textural (familias ordenadas en 12 grupos texturales), el régimen de humedad (ácuico, údico y ústico) y la profundidad efectiva (superficial y moderadamente profunda hasta profunda).

Los grupos de humedad identifican zonas en donde ocurren niveles similares de exceso o déficit de humedad en el suelo. Para la clasificación del área en grupos de humedad se tuvo en cuenta el balance hidrológico regional calculado para el cultivo de la caña de azúcar, junto con la información del estudio detallado acerca de la permeabilidad de los suelos, la pendiente del terreno, la presencia de nivel freático y su profundidad y la presencia de signos de mal drenaje y su profundidad (gleyseado y moteado).

En el cálculo del balance hidrológico, la precipitación fue determinada con una probabilidad de exceso de 75%, que se puede interpretar también como el valor mínimo de precipitación que se obtendría en 7.5 años en un período de 10 años; es decir que, solamente en 2.5 años de 10 es probable que ocurran eventos de precipitación menores al valor esperado.

Verificación y ajuste de los Grupos de Humedad

Los grupos de humedad utilizados en la tercera aproximación de la zonificación agroecológica fueron verificados en 86 sitios distribuidos en el valle del río Cauca donde se determinó el balance hidrológico y las propiedades físicas y químicas del suelo, se midió la permeabilidad, la pendiente del terreno y la profundidad del nivel freático, se identificaron los signos de mal drenaje y se evaluó la infraestructura de drenaje. Con esta información se ajustaron los grupos de humedad y se cuantificó el efecto de los factores mencionados sobre la condición natural de humedad del suelo en cada sitio.

A partir de este conocimiento se diseñó un diagrama de flujo con base en el cual se desarrolló un programa de computador para la determinación y el afinamiento de los grupos. El programa fue evaluado con la información de los 86 sitios de observación, con resultados que indicaron la necesidad de ajustar el grupo de humedad en el 70% de los sitios.

Los criterios validados mediante la verificación y el ajuste de los grupos de humedad fueron utilizados para la caracterización de las nuevas zonas agroecológicas. No obstante, para asegurar la correcta clasificación de aquellos sitios donde se presenten inconsistencias o dudas sobre el grupo de humedad asignado, se sugiere utilizar el programa de computador que estará disponible en la extranet de Cenicaña, el cual será complementado con otras variables como la recarga de aguas subterráneas y la vegetación indicadora de mal drenaje.

Las actividades de verificación y ajuste de los grupos de humedad fueron desarrolladas en el marco del proyecto AEPS tercera fase, cofinanciado por Colciencias.

Cuantificación de la interacción variedad por sitio

Esta experimentación se lleva a cabo con el objeto de cuantificar la interacción variedad por sitio como criterio para verificar si la agrupación de las zonas agroecológicas es válida y útil para la ubicación de las variedades de caña de azúcar en función de la respuesta en productividad.

Entre agosto y diciembre 2007 se cosechó la primera soca en ocho sitios (cuatro suelos) de los once donde se lleva a cabo el experimento con las variedades CC 92-2198, CC 93-3826, CC 93-3895, CC 93-4418, CC 85-92 y CC 84-75. Al momento del corte, las variedades tenían entre 12 y 13 meses de edad.

Los resultados de la primera soca confirmaron las observaciones hechas en la plantilla. Las conclusiones indican que en sitios con condiciones similares de suelo se puede esperar un potencial de producción de las variedades similar y que en sitios con suelos diferentes las variedades presentan variabilidad en su comportamiento agronómico y productivo. De acuerdo con lo anterior, es acertado afirmar que la zonificación agroecológica es válida para la ubicación de las variedades de caña de azúcar.

El experimento se desarrolló como parte del proyecto AEPS tercera fase, cofinanciado por Colciencias.

Red meteorológica automatizada (RMA)

En apoyo a la práctica de la agricultura específica por sitio Cenicaña administra la RMA y vela por que se mantenga actualizada la base de datos correspondiente.

Durante 2007 se continuaron las actividades permanentes de análisis y suministro de información meteorológica y climatológica para los donantes del Centro y los investigadores, por medio del correo electrónico y la atención de solicitudes específicas. Así mismo, estuvieron disponibles en línea el Boletín Meteorológico Diario y Mensual que se publica en internet y el Sistema de Consultas de la RMA para los usuarios registrados en la extranet, servicios de información que en 2007 fueron complementados con una aplicación nueva que permite conocer la distribución espacial de las variables meteorológicas registradas por las estaciones de la RMA al nivel horario, diario y mensual, a través del Servidor de Mapas.

Con el fin de analizar la incidencia de factores externos climáticos de macroescala en el clima en el valle del río Cauca, durante 2007 se generó la estadística descriptiva de las series de datos de las variables atmosféricas registradas en cinco estaciones de la RMA y se elaboraron tablas resumen de las anomalías en condiciones normales, Niño y Niña. El análisis señaló diferencias espaciales y temporales en el comportamiento de diferentes variables climáticas en el valle en relación con la incidencia de los eventos climáticos externos.

Optimización de la red pluviométrica

Cenicaña y los ingenios azucareros adelantan desde 2005 un proyecto mediante el cual se busca optimizar la operatividad y la calidad de la información de la red pluviométrica de la agroindustria con el fin de conformar una base de datos verificada, unificada y sistematizada que permita contar con la climatología detallada de la precipitación en el valle del río Cauca y con una red pluviométrica de referencia para la programación de actividades y el análisis de información en los procesos de experimentación e investigación.

Es así como en los dos últimos años, los ingenios hicieron el reconocimiento físico de 617 pluviómetros existentes en sus áreas de influencia, incluyendo la ubicación de los mismos con coordenadas geográficas, su historial, estado actual y operatividad. Cenicaña procesó la información y elaboró las hojas de vida de cada pluviómetro, de manera que al finalizar 2007 se contaba con el inventario y la clasificación de los pluviómetros de la industria por ingenio, tipo de información (diaria o mensual), tenencia y número de años de las series de datos, entre otros aspectos.

Utilizando el método de curvas de doubles masas se analizaron 834 series de datos pluviométricos con históricos de 10 años de información o más, las cuales resultaron ser homogéneas y consistentes en más del 99% de los casos. Del total analizado, 365 series corresponden a más de 10 años de información; 235, a más de 15 años; 160, a más de 20 años y 74, a más de 30 años. El proyecto continuará durante 2008.

Red de monitoreo de material particulado PM-10

Luego de un año de operación de la Red PM-10, los registros de las cinco estaciones automáticas ubicadas en los ingenios Risaralda, Sancarlos, Providencia, Mayagüez e Incauca señalan que las emisiones de material particulado a la atmósfera por efecto de la quema de la caña de azúcar no han sobrepasado en ningún caso los límites diarios ($150 \mu/m^3$) ni los promedios anuales ($70 \mu/m^3$) establecidos en la legislación ambiental colombiana.

Aplicaciones de geomática

Con trabajos que datan de 1995, cuando se desarrolló la primera aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en convenio con los ingenios Incauca y Providencia y la asesoría del Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), Cenicaña comenzó a estructurar el área de geomática que hoy contribuye significativamente a los propósitos de la agricultura específica por sitio y ofrece nuevas perspectivas de desarrollo agroindustrial en el sector.

En su definición más simple, el término geomática se refiere al uso integrado de tecnologías de informática aplicadas a la geografía. Incluye las actividades de adquisición de información geográficamente referenciada, su almacenamiento,

procesamiento, análisis, presentación y distribución en el espacio físico de la Tierra. Para el efecto, se utilizan de manera sistémica técnicas y metodologías de posicionamiento global, percepción remota, estadística espacial, procesamiento de imágenes, simulación y modelado de datos y cartografía automatizada que, en conjunto, permiten contar con sistemas de información geográfica para la toma de decisiones en asuntos científicos, administrativos y legales, entre otros.

Para la adquisición de información georreferenciada de la agroindustria azucarera colombiana, Cenicaña ha promovido el uso de equipos de GPS (sistema de posicionamiento global, sigla en inglés) en las actividades de investigación y en el sector productivo, de manera que actualmente los investigadores y varios ingenios y cañicultores utilizan esta herramienta. Con el fin de asegurar la precisión de los datos espaciales obtenidos en escalas menores de un metro, en 2007 fue instalada una estación de referencia cuyas coordenadas geográficas podrán ser consultadas por los usuarios del GPS en cualquier momento a través del sitio web del Centro.

Imagen satelital del valle del río Cauca captada con el instrumento MODIS



Como parte de las actividades permanentes en geomática, Cenicaña almacena las imágenes correspondientes al valle geográfico del río Cauca que la NASA (*Nacional Aeronautics and Space Administration*) suministra de forma gratuita, producto denominado MOD13Q1. Dicho producto cubre casi todo el territorio colombiano, compuesto cada 16 días con cuatro regiones espectrales (grupos de longitud de onda del azul, el rojo, el infrarrojo cercano y el infrarrojo medio) y los índices de vegetación NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) y EVI (*Enhanced Vegetation Index*). Son capturadas por el instrumento MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a bordo de los satélites Terra y Aqua (ver figura).

Para obtener las imágenes correspondientes a la parte plana del valle del río Cauca, Cenicaña desarrolló una metodología que normaliza las tareas de descarga, corte y aplicación de los filtros que permiten suavizar el espectro temporal, además de un aplicativo para la visualización por suerte de caña del número de píxeles que la componen, su porcentaje de pertenencia y el perfil de los índices de vegetación.

El análisis de las imágenes, a partir de archivos disponibles desde el año 2000 y con un tamaño de píxel de 250 m x 250 m que permite trabajar solamente con campos mayores de 6.25 hectáreas, señala que existe una correlación alta entre el EVI acumulado y la producción de caña, de forma que valores bajos del EVI están asociados con tonelajes bajos y viceversa. Otros análisis en proceso a partir de las imágenes MOD13Q1 incluyen el desarrollo de metodologías para el pronóstico temprano de la producción con base en información del cultivo entre los 4 meses de edad y los 7 meses, la caracterización radiométrica de los patrones de respuesta de las variedades de caña de azúcar de acuerdo con las zonas agroecológicas donde se encuentran sembradas, la estimación de relaciones de correspondencia entre el EVI y labores de cultivo como riego, fertilización y aplicación de maduradores, así como la identificación de patrones espectrales característicos de las principales variables relativas a la producción de la caña de azúcar.

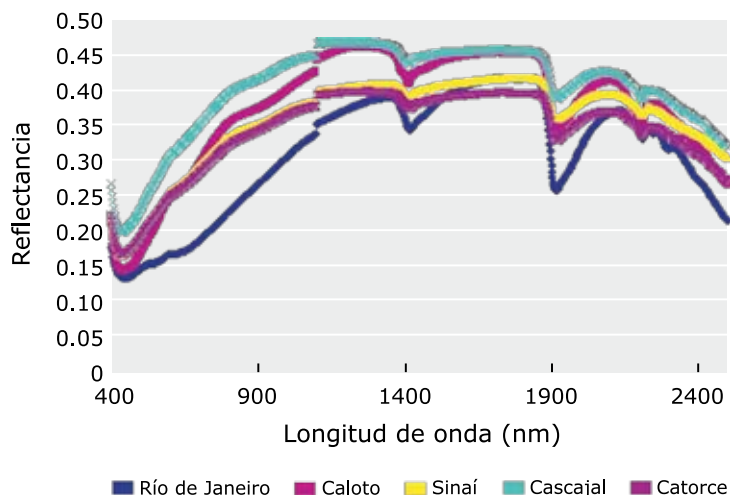
A continuación se presenta un resumen de otros proyectos desarrollados y formulados durante 2007 en geomática.

Caracterización radiométrica de los suelos y el cultivo

Con el objetivo de conocer los patrones espectrales que caracterizan los suelos más representativos del valle del río Cauca y el cultivo de la caña de azúcar en sus diferentes etapas de crecimiento, durante 2007 se identificaron las huellas espectrales de nueve suelos y los valores de reflectancia que definen su abundancia mineralógica, así como las huellas del cultivo para la variedad CC 85-92 entre los 3 y 12 meses de edad y las regiones del espectro relacionadas con el contenido de clorofila y el índice de área foliar.

Las investigaciones fueron desarrolladas en el marco de un proyecto nacional orientado al mejoramiento de los sistemas de cartografía del territorio colombiano auspiciado por el IGAC con el apoyo financiero de la Unión Europea.

Patrones espectrales de cinco suelos del valle del río Cauca determinados en laboratorio mediante espectroscopia de infrarrojo cercano



Para la caracterización radiométrica de los suelos se analizaron en el laboratorio 44 muestras de cada suelo mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR); el valor de la mediana fue considerado como el patrón representativo de cada suelo (ver figura), a partir de la cual se construyó la base de datos. Para determinar la abundancia mineralógica se usó un modelo de separación espectral. Las huellas espectrales obtenidas en el laboratorio fueron comparadas con las proporcionadas por las imágenes del satélite ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*). Los suelos caracterizados corresponden a las consociaciones Caloto, Cascajal, Catorce, Corintias, Juanchito, Manuelita, Palmira, Río de Janeiro y Sinaí identificadas en los estudios detallados realizados en el valle del río Cauca.

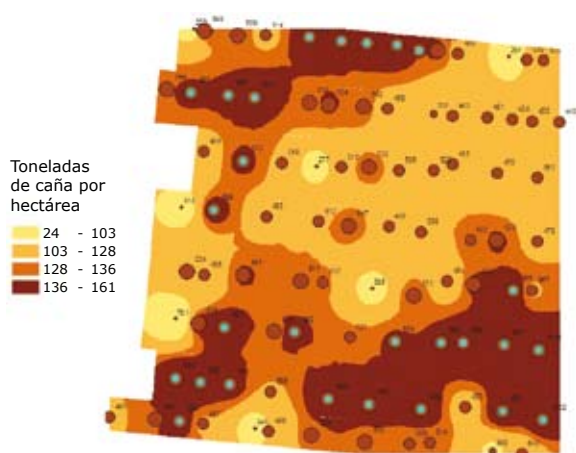
La base de datos del cultivo fue ordenada con información de la variedad CC 85-92 relativa a suertes con edades entre los 3 y los 12 meses. Un total de 48 muestras en estado fresco por cada mes de edad fueron analizadas en el laboratorio mediante espectroscopia NIR (Foss NirSystems modelo 6500®) y su media fue considerada como el patrón espectral representativo. Los valores de clorofila indirecta y el índice de área foliar se tomaron con equipos Spad Minolta 502® y Licor LAI-2000®. Las firmas espectrales del cultivo fueron comparadas con las generadas por modelos físicos de simulación.

Los resultados incluyen el desarrollo de la metodología de muestreo en campo y laboratorio para la caracterización de las firmas espectrales de los suelos y el cultivo, la conformación de una base de datos con los patrones espectrales de los suelos estudiados y el cultivo de CC-85-92 a diferentes edades, la producción de huellas espectrales de los suelos y su composición mineralógica, la producción de huellas espectrales de cultivo en hoja y follaje y la obtención de parámetros biofísicos como el contenido de clorofila y el índice de área foliar.

Monitoreo del cultivo de la caña de azúcar mediante percepción remota

El objetivo de este proyecto es realizar un seguimiento temporal de la respuesta espectral del cultivo de la caña de azúcar a las diferentes prácticas de manejo y a las condiciones ambientales, por medio de la percepción remota. Las actividades se llevarán a cabo durante 24 meses, a partir de enero de 2008, con la cofinanciación de Colciencias.

Con el proyecto se espera consolidar una base de datos con las regiones espectrales que caracterizan la respuesta de la caña de azúcar debida a las prácticas agronómicas de aplicación de riego, fertilización y maduradores en las cuatro zonas agroecológicas de mayor área en el valle geográfico del río Cauca. También, contar con el inventario de los sensores satelitales o aéreos necesarios para el seguimiento del cultivo, considerando las diferentes prácticas de manejo, las variables ambientales, la resolución de las imágenes y su costo.



Mapa de producción de TCH en una suerte de caña

Sistema de adquisición de datos de cosecha

Se instrumentó una alzacora de caña con un sistema de pesaje, un equipo de GPS y un sistema de comunicación por módem, con el objetivo ofrecer una herramienta práctica para coleccionar los datos en cada sitio de alce y generar mapas de producción utilizando las herramientas del SIG (ver figura).

Los mapas muestran la variabilidad espacial de la producción en una suerte de caña, con lo cual se facilita el análisis de los resultados productivos y de los factores que pueden estar influyendo en el desarrollo y la maduración en cada sitio. De esta manera se contribuye a explicar la respuesta de la caña de azúcar con el uso de determinadas tecnologías y a justificar inversiones en infraestructura o ajustes en el manejo agronómico de las suertes, entre otras posibilidades. Las especificaciones del sistema están disponibles para los productores donantes del Centro.

Servicios de instrumentación de equipos agrícolas

La Superintendencia de la Estación Experimental cuenta con experiencia técnica en la instalación de GPS, dataloggers, sistemas de comunicación celular, estaciones meteorológicas y estaciones PM-10 y con los respectivos manuales de operación y mantenimiento, por lo cual ofrece a los cultivadores donantes tales servicios.

Herramientas AEPS en línea

Como parte del sistema de información en web para apoyar la práctica de la agricultura específica por sitio (AEPS), Cenicaña ofrece acceso en línea a las siguientes herramientas automatizadas:

Servidor de Mapas

www.cenicana.org/aeps/servidor_mapas.php

Integrado al sistema de información geográfica de la agroindustria, ofrece la cartografía temática disponible de las áreas cultivadas con caña de azúcar en el valle del río Cauca, asociada con la cartografía básica de las fincas productoras, la red hídrica natural del territorio, la infraestructura para el manejo de las aguas de riego, la red vial y los perímetros de los centros poblados. Mapas temáticos de suelos, meteorológicos horarios, diarios y mensuales, isobalance hídrico, zonas agroecológicas, grupos de suertes homogéneas, producción, variedades sembradas y más.

Sistema de consultas de la producción comercial

www.cenicana.org/aeps/sistema_consultas_produccion.php

Este sistema utiliza los registros de todas las suertes cosechadas por los ingenios donantes de Cenicaña desde 1990, base de datos que es actualizada mensualmente gracias a la gestión de la industria azucarera. Ofrece análisis de la producción agregada del sector por zona agroecológica, variedad de caña, edad de cosecha y número de corte.

Sistema de consultas de la Red Meteorológica Automatizada (RMA)

www.cenicana.org/aeps/sistema_consultas_rma.php

Análisis de las variables registradas en 34 estaciones automáticas de la RMA (desde 1993), base de datos que se utiliza también para elaborar el boletín diario de la RMA, emitido para facilitar el cálculo del balance hídrico requerido en la programación de los riegos.

Renova

www.cenicana.org/aeps/renova.php

Modelo económico para apoyar las decisiones de renovación del cultivo. Como principal resultado, el modelo entrega una valoración presente de la ganancia neta adicional que recibiría el ingenio o el cultivador de caña si decide renovar la plantación en una suerte. Indica, en términos de probabilidad, los riesgos financieros de la decisión y el período de recuperación de la inversión.

Simces

www.cenicana.org/aeps/simces.php

Sistema de información para el manejo de caña específico por sitio, mediante el cual se comparan los resultados productivos de las suertes en caña que por sus características agroecológicas y particulares de suelo hacen parte de un grupo de suertes homogéneas. El sistema califica el nivel de productividad de las suertes con respecto a su grupo homogéneo, según la variedad de caña, la edad de cosecha, el número de corte y la precipitación atmosférica en tres etapas del cultivo, incluyendo índices de costos e ingresos relacionados. La información es útil para estimar la eficiencia técnica y económica de la producción de caña en sitios específicos y la eficiencia de la productividad azucarera en los distintos ingenios.

Curvas de isoproductividad

www.cenicana.org/aeps/curvas_iso.php

Análisis comparativo de la productividad de la caña de azúcar cosechada en el valle del río Cauca en un período definido por el usuario, según ingenio, zona agroecológica, variedad de caña, edad de cosecha o número de corte. Mediante consultas a la base de datos de producción comercial se generan curvas de isoproductividad, isomes e isocronoproductividad, así como tablas con los datos de referencia.

Balance hídrico v.3.0

www.cenicana.org/aeps/index.php

Aplicación automatizada desarrollada para facilitar el cálculo del balance hídrico en el suelo en un momento dado y realizar la programación de los riegos requeridos por el cultivo de la caña de azúcar. Los archivos de instalación del programa están disponibles en el sitio web de Cenicaña para los cultivadores donantes.



Descargue de caña en fábrica

Corte de caña, alce, transporte y entrega de la materia prima a la fábrica (CATE)

El proyecto CATE en la agroindustria azucarera colombiana tiene como propósito mejorar los estándares tecnológicos y la logística del sistema de cosecha para disminuir los costos de producción y obtener mejoras económicas en el sector.

Las actividades se desarrollan mediante un trabajo participativo con los ingenios azucareros y la coordinación general del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología de Cenicaña. Para la formulación y la ejecución de los proyectos de desarrollo tecnológico orientados a solucionar la problemática identificada en el CATE se conformaron cuatro grupos de trabajo, así: cosecha; campo y cosecha; transporte y recepción de caña; logística y capacitación.

A continuación se presentan los avances logrados en 2007 en los proyectos de cada grupo de trabajo.

Cosecha

Los proyectos agrupados en el tema de cosecha se desarrollan con el objetivo general de estandarizar las metodologías utilizadas en el sector azucarero para medir la eficiencia de los sistemas de cosecha y su efecto en la calidad del corte, determinar el contenido de materia extraña en la caña cosechada y validar los resultados de las nuevas variedades de caña de azúcar en siembras a escala comercial.

Evaluación de los sistemas de cosecha y la calidad del corte

El Programa de Agronomía de Cenicaña elaboró una guía práctica en la cual se compilan las metodologías recomendadas por el Centro para la evaluación de las condiciones del campo y el cultivo antes de la cosecha y una vez finalizada, la eficiencia de campo del corte manual, el alce mecánico y la cosecha con máquinas combinadas y la calidad del corte en relación con la caña dejada en el campo y la caña enviada a la fábrica.

El documento presenta información acerca de los sistemas de cosecha y los equipos utilizados en el valle del río Cauca, los procedimientos para la toma de muestras y las mediciones respectivas, los formularios definidos para el registro de los datos y las observaciones y la descripción de los indicadores de evaluación en cada caso, considerando las distintas condiciones de suelo y clima en la región. La guía estará disponible en 2008 para los ingenios azucareros y los cultivadores donantes de Cenicaña.

Evaluación de la materia extraña en la caña cosechada

Con el propósito de establecer la confiabilidad de los métodos utilizados actualmente para la determinación del contenido de materia extraña en la caña recibida en las fábricas (uña y *Core Sampler*) y definir si existen diferencias entre ellos, en 2007 se realizaron dos seminarios con personal de campo y cosecha de los ingenios azucareros para analizar, al respecto, los resultados de las evaluaciones efectuadas por el Programa de Procesos de Fábrica Cenicaña. Se concluyó que no existen diferencias estadísticas significativas entre las determinaciones hechas con los dos métodos y se recomendó recuperar y analizar los datos registrados durante por lo menos un año en un ingenio del Sur donde se han utilizado ambos métodos.

Validación comercial de nuevas variedades de caña de azúcar

El Programa de Variedades de Cenicaña elaboró una propuesta para validar a escala comercial los resultados de las variedades de caña de azúcar identificadas como promisorias en el proceso experimental, la cual fue analizada con los profesionales responsables de la tarea en los ingenios azucareros. A partir de la propuesta se definieron los términos de una metodología de evaluación que incluye pruebas de campo, cosecha y molienda para valorar las ventajas relativas de las nuevas variedades desde los puntos de vista agronómico y económico, aplicando el enfoque de la agricultura específica por sitio. Cenicaña hará el seguimiento de los procesos de validación con el fin de acopiar la información comercial que contribuya a impulsar la adopción de las nuevas variedades en las unidades productivas, de acuerdo con las zonas agroecológicas de mejor adaptación.

De manera complementaria, se realizaron dos talleres con el personal de campo, los superintendentes, los jefes de agronomía y los proveedores de caña de los ingenios azucareros con el objetivo de identificar las percepciones sobre cuáles deben ser las características de una nueva variedad de caña y cuáles son las condiciones para la toma de decisiones de adopción. Así, se identificaron y priorizaron los criterios de decisión utilizados por estos dos grupos de productores para la adopción de una nueva variedad. La información obtenida orientará y facilitará los procesos de comunicación y transferencia de tecnología adelantados para promover el uso y la adopción de las nuevas variedades por parte de los productores.

Campo y cosecha

Se adelantan proyectos relacionados con la programación de la cosecha y la evaluación de los efectos que causan los equipos de cosecha en la compactación de suelo.

Información de suelo y clima en las decisiones de cosecha

Utilizando herramientas de sistemas de información geográfica, la Superintendencia de Cenicaña desarrolló un aplicativo que suministra recomendaciones de apoyo técnico para elaborar los programas de cosecha en un área y un período determinados, de acuerdo con las condiciones de humedad del suelo y el clima predominante. La recomendación resulta de combinar información acerca de la permeabilidad del suelo, el número de días con lluvia y la cantidad de las precipitaciones, la cual es ordenada por el usuario con base en su experiencia sobre la importancia relativa de cada parámetro.

Identificación de los efectos de los equipos de cosecha y transporte en la compactación del suelo

Los objetivos son caracterizar y medir la compactación del suelo causada por los equipos de cosecha y transporte de caña, cuantificar los daños al campo por deformación superficial e identificar alternativas para reducir la compactación.

La compactación se evalúa a través de los cambios en las propiedades físicas del suelo y también con la medición de los esfuerzos inducidos en la masa de suelo. Cenicaña desarrolló un sensor que, ubicado a la profundidad deseada debajo de la ruta de las llantas, registra electrónicamente los esfuerzos generados en el momento en que pasan las máquinas.

En evaluaciones preliminares realizadas por el Programa de Agronomía se encontró que las altas cargas transportadas son la causa fundamental de la compactación, producida especialmente en el subsuelo. Se realizó una evaluación donde se registró y comparó la compactación acumulada en el perfil del suelo, incluyendo la situación previa y posterior al paso de los diferentes equipos de cosecha (cosechadora, tractor-vagón autovolteo o tractor-vagón HD 20000). La cosechadora y el vagón de autovolteo inducen compactación, que según la resistencia a la penetración aún se mantiene en los niveles tolerables para el desarrollo de raíces (<3 MPa), mientras que la alta carga transportada por el vagón HD 20000 genera compactación que supera dicho límite (más información en la página 53).

El Programa de Agronomía establecerá tres experimentos en condiciones diferentes de suelo y humedad, con el objeto de evaluar desde el punto de vista técnico y económico el impacto de los equipos de cosecha en la compactación de suelo y su efecto en la productividad y la sostenibilidad de la producción.

Transporte y recepción de caña

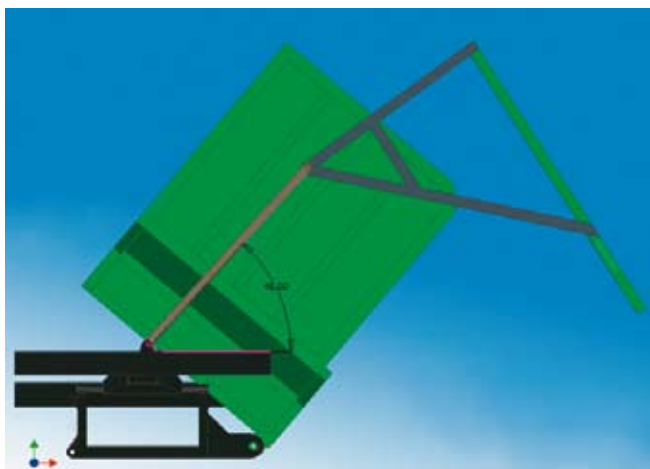
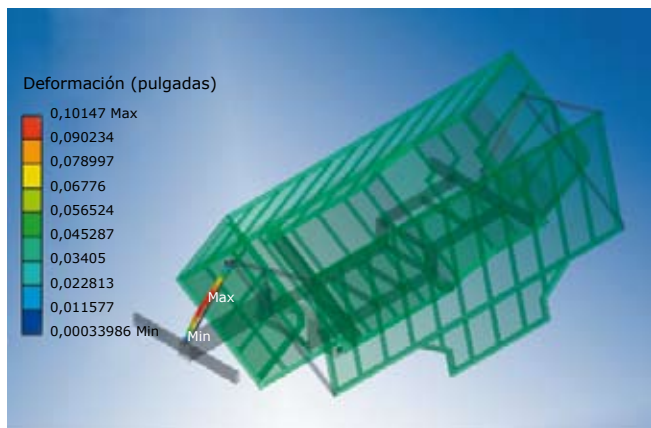
Las actividades se desarrollan mediante la cooperación técnica de un ingenio piloto, donde participa personal de cosecha y maquinaria agrícola, con el fin de mejorar el diseño de vagones, establecer un *benchmarking* de los estándares de mantenimiento y renovación de equipos e identificar opciones tecnológicas en recepción de caña.

Diseño y rediseño de vagones de transporte: HD 12000 y HD 20000

Los objetivos son producir la ingeniería básica para la construcción de un vagón de transporte de caña de menor peso que mejore la relación de carga caña/vagón, rediseñar los vagones actuales utilizados en la industria para disminuir el peso muerto transportado y mejorar los tiempos de entrega mediante la modificación del sistema de descarga. A través de un convenio realizado con un ingenio piloto y una empresa constructora de vagones para el transporte de caña, se obtuvieron los planos del vagón HD-12000 necesarios para definir el rediseño del prototipo conceptual de un nuevo vagón con sistema de descarga lateral.

Se calcularon las fuerzas ejercidas sobre los vagones actuales durante su ciclo de trabajo y se realizó la medición del consumo de potencia en las grúas tipo hilo del ingenio piloto en los diferentes momentos de la descarga del vagón, encontrando de forma indirecta la fuerza soportada por la canasta al momento de la descarga por acción de la grúa.

Diseño de mecanismo de descarga lateral en el vagón HD 12000



De otra parte, con el objetivo de caracterizar la exigencia sobre la estructura de la canasta de un vagón HD 12000, se desarrollaron modelos de ingeniería asistida por computador (CAE, sigla en inglés) en tres escenarios principales de trabajo: vagón cargado con caña, alzadora comprimiendo la caña cargada en el vagón y vagón descargando la caña en la mesa de recepción en fábrica. Se encontró que el escenario de mayor exigencia para la estructura de la canasta del vagón se presenta cuando la alzadora empuja la caña entera cargada en el vagón.

Paralelamente, en un vagón HD 12000 se diseñó un mecanismo de apertura de una puerta lateral para el descargue de la caña. Este método de descargue permite disminuir el tiempo de entrega de caña en la mesa, con una menor exigencia mecánica de la estructura de la canasta del vagón. Los planos de ingeniería básica elaborados fueron suministrados al ingenio piloto, que contrató el desarrollo de la ingeniería de detalle y la modificación del vagón con una empresa de la región. En 2008 se realizarán el seguimiento y la evaluación del concepto de diseño y la mecánica del vagón, así como la evaluación de aspectos de logística con el sistema de descarga lateral, usando caña larga y caña picada.

Informes de las visitas realizadas por ingenieros de la industria azucarera de Colombia a ingenios de Nicaragua y Brasil, lograron complementar la caracterización del proceso de entrega y recepción de caña y destacan la descarga lateral como un método alternativo para la entrega de caña en esos países.

Actualización de estándares de mantenimiento de equipos y su renovación

El objetivo es actualizar los estándares de mantenimiento preventivo utilizados en los ingenios azucareros de Colombia, a través de indicadores sobre la disponibilidad, la utilización y la eficiencia global de los equipos.

Se tipificaron las fallas estructurales más frecuentes de los vagones de transporte de caña utilizados en el ingenio piloto y se obtuvo información estadística de las reparaciones con soldadura para identificar el tipo de falla más frecuente. La falta de detalle en la descripción de las fallas llevó a realizar una evaluación cualitativa de éstas en las estructuras; se encontró que los perfiles laterales de la canasta y el piso presentaban la mayor frecuencia de falla.

Así mismo, con el objetivo de realizar un *benchmarking* entre los ingenios azucareros sobre los estándares de mantenimiento de los equipos utilizados en la cosecha y el transporte de caña hasta la molienda, se inició una recopilación de información en el ingenio piloto y se determinaron los índices de disponibilidad y utilización de los diferentes equipos. Se definió además que es necesario encontrar un índice global de comparación que integre los costos del mantenimiento.

Como actividades complementarias, con la colaboración de la Universidad del Valle se realizó un análisis de falla en las puntas de los ejes de vagones. El estudio concluyó que los materiales y los métodos de fabricación utilizados en la construcción de las puntas de los vagones actuales no son adecuados. Se propuso un nuevo diseño para las puntas basado en un sistema desmontable con bridas y se estableció el procedimiento de soldadura entre punta y brida que garantice mayor confiabilidad de las piezas. Los prototipos se produjeron e instalaron en un vagón HD 12000 al que actualmente se le hace seguimiento y evaluación en un ingenio.

Mejoramiento de estándares tecnológicos en recepción de caña: mesas, grúas y conductores

Con el objetivo de evaluar la operación de recepción de caña en las fábricas, desde la descarga con grúas hasta la operación en mesas y conductores, para identificar el potencial de mejora en los estándares tecnológicos del proceso, se desarrollaron dos actividades principales.

En la primera, se caracterizó la tecnología actual de descargue de caña. Para obtener la información se realizaron visitas a seis ingenios de la región y se generó un cuadro comparativo de las características y los parámetros principales involucrados en el proceso.

La segunda actividad consistió en revisar la capacidad de las cadenas de arrastre en las mesas de recepción de caña en dos ingenios, donde se estableció la capacidad teórica de carga de aquellas. Se definió el potencial de utilización de las mismas en el ingenio piloto y se identificó la posibilidad de aumentar la velocidad de trabajo de las mesas. El análisis comparativo fue de gran utilidad para el ingenio piloto pues, junto con los resultados obtenidos en los estudios de la logística de patios, se logró reducir progresivamente el número de mesas de caña en operación continua.

Logística y capacitación

Las actividades relacionadas incluyen la caracterización integral de la logística del sistema y su optimización, así como el desarrollo de planes de capacitación definidos de acuerdo con las necesidades de la industria.

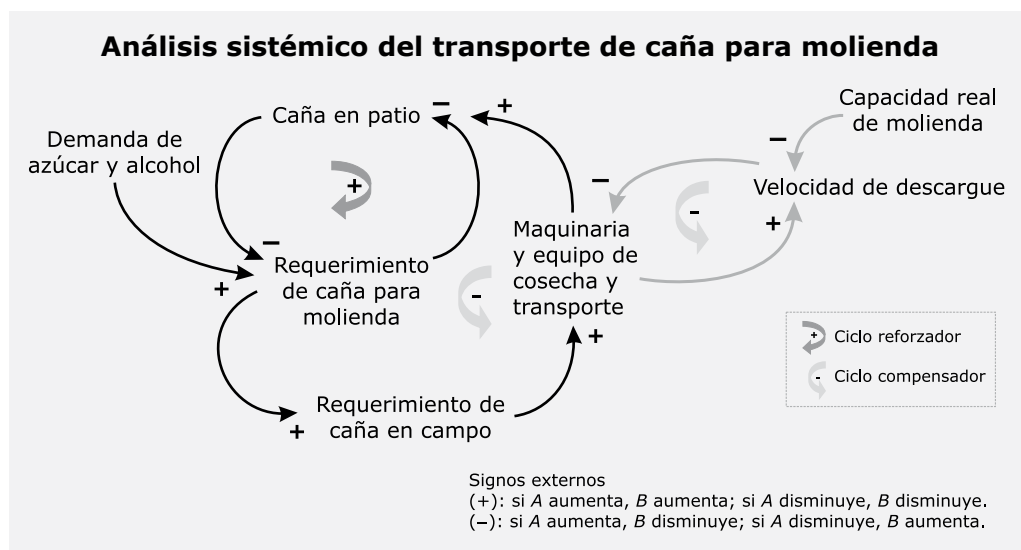
Caracterización de la logística del sistema CATE y su optimización

El propósito de esta actividad es definir y evaluar indicadores de logística, desarrollar modelos de simulación y realizar estudios de tiempos y movimientos del proceso CATE, de tal manera que se contribuya a mejorar los estándares tecnológicos del sistema en los ingenios azucareros de Colombia.

Durante el 2007 se revisó el estado del arte del transporte y la recepción de caña en los ingenios, se hicieron mediciones de tiempos y movimientos en los patios de caña de tres de ellos, se desarrolló un modelo de simulación para el sistema de alce, transporte y recepción de caña aplicando el software Crystal Ball®, se realizó el análisis y la simulación de la operación de tractomulas en distancias cortas y se inició la evaluación del sistema de autovolteo. Como resultado de estas actividades se identificaron los siguientes aspectos:

- El tiempo improductivo de los equipos de transporte (tractores y tractomulas) en los patios de caña fue de 60% en promedio.
- La velocidad de descargue de los vagones está influenciada por la capacidad de molienda del ingenio y por el número de mesas de descargue; a su vez, los tiempos de descargue tienen un impacto directo sobre los tiempos de ciclo y sobre el requerimiento de equipos de transporte (ver diagrama en la página siguiente).
- Evaluaciones preliminares indican que el uso de tractomulas en distancias cortas (aproximadamente 6 km) permite aumentar hasta en 34% el número de viajes/día por equipo, incrementar en 17% las toneladas/día promedio por equipo y por tanto disminuir el número de vehículos requeridos por día. En 2008 se hará un análisis económico involucrando todas las variables del sistema.
- El control de la flota durante el alce y el transporte y la correcta asignación de los equipos de transporte a las mesas de descargue son factores trascendentales para la optimización de recursos (tiempo, maquinaria y equipos) y para el suministro oportuno de caña a la fábrica.

- En un ingenio con molienda aproximada de 9000 t/día es posible recuperar aproximadamente 113 toneladas anuales de sacarosa si se disminuye en 10 minutos los tiempos de ciclo promedio desde el alce de la caña hasta la molienda. La estimación se basa en la ecuación de pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda definida por Cenicaña (Larrahondo, J.E., 2002).
- Los resultados obtenidos mediante simulación muestran que con una coordinación apropiada de las labores de alce, transporte y descargue hay un potencial de disminución hasta de 15% en el número de equipos de transporte empleados por día. La disminución en el número de equipos es particular de cada ingenio y depende de la variabilidad de sus actividades.



Capacitación en logística y transporte

Cenicaña organizó con la Universidad Icesi un diplomado en logística de transporte de caña de azúcar, el cual fue diseñado de acuerdo con las necesidades y características de esta actividad en la industria azucarera. Recibieron capacitación 35 profesionales de cosecha y fábrica de los ingenios y 25 supervisores de cosecha.

Capacitación en herramientas de gestión del transporte de caña: administración, programación y logística

Con el propósito de conocer el estado del arte sobre el uso de herramientas de gestión para la optimización del transporte de caña, Cenicaña organizó y realizó un foro en el cual participaron profesionales de cosecha de los ingenios, quienes presentaron sus experiencias en el uso de los módulos de cosecha de los programas SIAGRI®, PIMS®, MYAGRI® en SAP® y Excel® e identificaron las mejores prácticas al respecto.

Se caracterizaron las necesidades de capacitación del personal de cosecha con el fin de realizar eventos dirigidos a suplir estas necesidades y contribuir a mejorar su capacidad para optimizar la logística del CATE en la industria.



Planta de producción de etanol
del Ingenio Mayagüez

Producción de etanol combustible

La agroindustria azucarera es pionera en la producción de etanol combustible en Colombia, al haber asumido en 2005 el reto de la diversificación en apoyo al Plan Nacional para la Oxigenación de Gasolinas, proyecto que comenzó en el país en 2001 con el objetivo de producir etanol a partir de la caña de azúcar y otros insumos agrícolas para mejorar la calidad de las gasolinas utilizadas en vehículos automotores.

En el año 2007 el sector azucarero produjo cerca de 1,100,000 litros de etanol combustible por día, en cinco plantas fermentadoras-destiladoras anexas a las fábricas de azúcar donde se utilizan como materias primas jugo claro de caña, miel B y meladura, solas o en mezcla. Con dicha cantidad de etanol se abastece aproximadamente el 60% de la demanda nacional pues, aunque los centros urbanos con mayor concentración de población cuentan actualmente con las mezclas de etanol-gasolina al 10% en volumen, todavía resta ampliar la cobertura hacia la zona norte del país.

Cenicaña, en su compromiso de acompañar al sector azucarero en los procesos de innovación tecnológica, adelantó en 2007 una serie de actividades de laboratorio para la caracterización de las materias primas utilizadas en la producción de etanol desde el punto de vista bioquímico y microbiológico, además de que prestó diversos servicios y realizó evaluaciones directamente en las plantas destiladoras. Los trabajos al respecto fueron ejecutados con la coordinación del Programa de Procesos de Fábrica y el Programa de Variedades. De forma complementaria, con la coordinación del Programa de Agronomía se evaluaron las oportunidades de conseguir mayores contenidos de azúcares fermentables en las zonas húmedas al cosechar la caña en edades tempranas.

Caracterización de variedades de caña de azúcar

Los resultados que se presentan a continuación se refieren a las evaluaciones realizadas durante 2007 para la caracterización de diferentes variedades de caña de azúcar mediante análisis bioquímicos y microbiológicos. Corresponden a pruebas de deterioro en campo y laboratorio, así como a pruebas para estimar la producción potencial de etanol en cogollos y en tallos cosechados a diferentes edades y en distintas zonas agroecológicas.

El seguimiento de las pérdidas de sacarosa después del corte de diferentes variedades CC permitió confirmar que la sacarosa disminuye a una tasa de 0.008 a 0.020 unidades porcentuales por cada hora de almacenamiento en el campo.

De otra parte, utilizando jugos de las variedades CC 85-92 y CC 87-434 se establecieron las relaciones entre las pérdidas de sacarosa, la acción microbiana y la formación de ácidos orgánicos durante el proceso de deterioro. El ácido orgánico con la mayor tasa de producción en ambas variedades fue el ácido láctico (82 a 84 mg/L por hora), mientras que por cada 1% de sacarosa se formaron 0.06% a 0.16% de etanol, 1318 a 2088 mg/L de dextranas y 1634 a 2553 mg/L de polisacáridos.

En otra evaluación con las mismas variedades se observó que el comportamiento de microorganismos mesófilos está directamente influenciado por el pH del medio, el cual desciende aproximadamente 0.04 unidades cada hora. La población de bacterias acidolácticas productoras de exopolisacáridos aumentó hasta la hora 6 y la población de levaduras prevaleció durante todo el tiempo de fermentación (30 horas), con incrementos de 0.09 unidades logarítmicas por hora en promedio. La correlación estadística indicó que por cada hora de fermentación la sacarosa disminuyó 0.21 unidades porcentuales y los azúcares reductores (glucosa + fructosa) aumentaron 0.08%. En ambas variedades, al cabo de las 30 horas se produjeron los niveles máximos de 0.94% de etanol, 14,818 mg/L de dextranas y 2573 mg/L de ácido láctico.

Igualmente, se hizo un seguimiento microbiológico en muestras de jugo de primera extracción y jugo diluido donde se aislaron *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus* spp., *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida* spp. En condiciones controladas de laboratorio, en pruebas de consumo de sustrato utilizando el medio de cultivo MRS inoculado con *L. mesenteroides*, se confirmó que por cada 1000 mg/L de dextrana formada en jugos ocurrió una pérdida de sacarosa de 0.4 unidades porcentuales, lo cual equivale a una reducción de 4.0 kg de sacarosa por tonelada de caña, valor que fue reportado anteriormente por otros investigadores (Cuddihy, J.A., et. al., 2006; Morel du Boil, P.G., 2001).

Con respecto al potencial de producción de etanol, evaluaciones del contenido de sacarosa y azúcares reductores totales (ART: sacarosa+glucosa+fructosa) en tallos de las variedades CC 85-92, CC 93-3895 y CC 93-4418 cultivadas en tres zonas agroecológicas diferentes, mostraron que los valores máximos de sacarosa se correlacionaron con los niveles máximos de ART.

En el mismo orden de ideas, utilizando cuatro variedades de la colección de germoplasma en campo que se encuentra en la Estación Experimental de Cenicaña (MZC 74-275, Mex 5229, PR 61-632 y PR 1141) se determinaron los contenidos de sacarosa, azúcar recuperable estimado (ARE), ART y la producción potencial de etanol por tonelada de caña en tallos sin aplicación de madurador cosechados entre los 10 meses y los 18 meses de edad. Con base en los parámetros analizados en las variedades evaluadas, se demostró que la edad óptima de corte para la producción de azúcar es muy similar a la edad óptima para la producción de etanol.

Finalmente, con el propósito de estimar la producción potencial de etanol en cogollos, se determinaron los porcentajes de sacarosa, ART y brix en las variedades CC 85-92, V 71-51 y CC 98-68 cosechadas en el Ingenio Pichichí. Los

análisis mostraron que no es viable aprovechar el cogollo para la obtención de azúcar debido a los bajos niveles de sacarosa % caña. Por su parte, de acuerdo con los contenidos de ART se estimó que la producción potencial de etanol por cada tonelada de cogollos (sin hojas) podría oscilar entre 20 y 40 litros. Las determinaciones fueron hechas en laboratorio.

Contenido de ART en la variedad CC 85-92 cosechada en zonas húmedas

Por lo general, en las zonas húmedas del valle del río Cauca el rendimiento en azúcar de las variedades de caña es menor que en las zonas más secas, debido al mayor contenido de ART en la caña cosechada. De acuerdo con lo anterior, se podría presumir que al cosechar más temprano la caña en las zonas húmedas es posible conseguir contenidos disponibles de ART apropiados para la producción de etanol, aunque los contenidos de sacarosa sean tan bajos que su extracción no resulte económicamente viable para la producción de azúcar. Se conocen algunas evidencias recibidas de Brasil, donde han registrado mayor contenido de ART en caña cosechada en zonas húmedas a edades tempranas.

Para evaluar la hipótesis se realizó el seguimiento de los ART en tallos de la variedad CC 85-92 cosechados entre los 7 meses y los 11 meses de edad en campos comerciales de Incauca. Los sitios seleccionados para la experimentación corresponden a las zonas agroecológicas 6C0 (Las Palmas 24B), 5C2 (San Fernando Norte 1T) y 9C4 (Don Mario 6) donde predominan las condiciones secas, semisecas y húmedas, respectivamente.

Los resultados muestran que en todos los sitios el contenido de sacarosa % caña aumentó constantemente, hasta llegar a los 10 meses con valores entre 12% y 14%; los valores más altos se obtuvieron en las zonas seca y semiseca. El contenido de ART se mantuvo en niveles cercanos a 14% a partir de los 9 meses en la zona húmeda, pero el peso de ART por tallo fue menor que el conseguido en las otras zonas y, por ende, el rendimiento por hectárea de los ART también fue inferior; lo anterior indica que la cosecha temprana de la CC 85-92 en zonas húmedas puede tener un efecto negativo en la producción de etanol debido principalmente al menor desarrollo de la caña en esas condiciones.

Caracterización de levaduras nativas asociadas con la caña de azúcar en el valle del río Cauca

Con este trabajo se busca caracterizar el potencial de las levaduras nativas (salvajes) para producir etanol, teniendo en cuenta que pueden ser una alternativa para incrementar el rendimiento por mejores resultados fermentativos dada su procedencia de la zona donde son utilizadas. El estudio se está realizando en dos plantas de etanol y en una de ellas se obtuvieron 18 cultivos de levaduras nativas en la mezcla de materias primas provenientes de la fábrica de azúcar.

Las levaduras fueron caracterizadas morfológicamente pero sin lograr la diferenciación entre ellas. Por tanto, se iniciaron estudios de caracterización molecular por análisis de polimorfismo de longitud en los fragmentos de restricción del rADN (RFLP), empleando la región del rADN 5,8S y los espaciadores transcritos internos ITS 1 e ITS 4. Se encontró poliformismo entre las levaduras evaluadas, la cuales se pueden agrupar de acuerdo con el tamaño de las bandas polimórficas.

El estudio continuará con la caracterización bioquímica de los grupos identificados y la determinación de su capacidad productora de etanol.

Calidad de las materias primas para la producción de etanol

Uno de los limitantes más críticos para la producción de etanol lo constituye el umbral de concentración de poblaciones microbiológicas diferentes a las cepas fermentadoras que pueden proliferar en los tanques de fermentación. Particularmente, el seguimiento de las levaduras nativas que se asocian con el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca y la posibilidad de su eliminación representan para Cenicaña un objeto actual de investigación.

En dos experimentos concretos para la evaluación microbiológica de las materias primas en una planta donde se utilizan mezclas de jugo claro, meladura y miel B se encontró alta variabilidad de los recuentos debido a las fluctuaciones en el suministro de las materias primas. Las variaciones diarias en las poblaciones microbianas estuvieron relacionadas con las proporciones de cada material en las mezclas que entran cada día a la planta y con las características de cada material al salir de la planta de azúcar, debido a su composición en grados brix y su carga microbiana natural. Cuando la proporción de miel B fue mayor en el suministro a la planta, se presentó una mayor población de mesófilos, levaduras nativas y bacterias acidolácticas que cuando se suministró meladura en mayor proporción. En esta planta de etanol la contaminación en la mezcla de materias primas fue mayor a la salida del tanque T-124 en relación con los recuentos obtenidos a la salida del intercambiador de calor H-124.

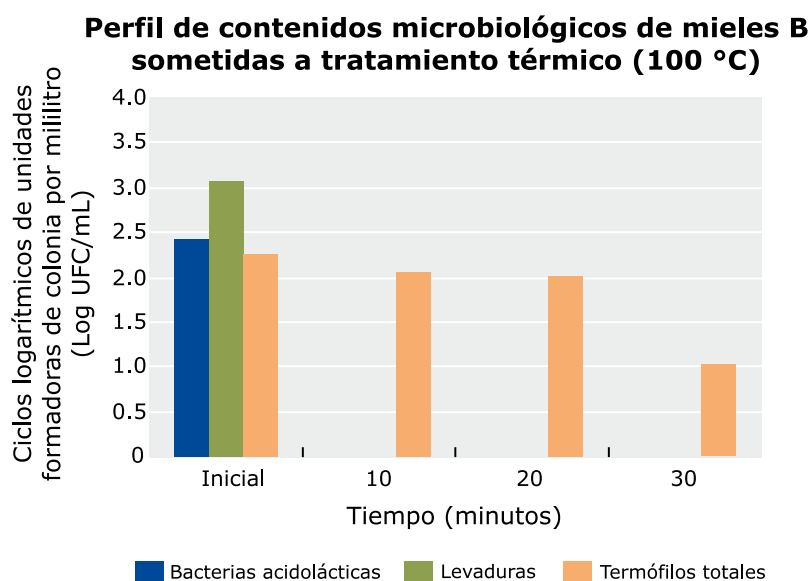
Los resultados anteriores fueron confirmados en otra evaluación concreta efectuada en una planta de etanol anexa a otro ingenio, donde se encontró la mayor concentración de levaduras nativas en el jugo claro y de bacterias acidolácticas en la miel B, al tiempo que la concentración de ambos microorganismos fue baja en la meladura.

De forma más precisa, en seguimientos operacionales realizados en estaciones de clarificación de meladura y tomando como criterio de comparación los contenidos de acidez volátil (AV) se pudo establecer cómo la operación de sulfitación de jugos y meladuras proporciona simultáneamente un efecto biocida (especialmente para levaduras), el cual es deseable desde el punto de vista microbiológico. Sin embargo, también se demostró cómo el nivel de AV se ve fuertemente influenciado por la presencia de derivados sulfurosos, lo que indica que no necesariamente en todos los

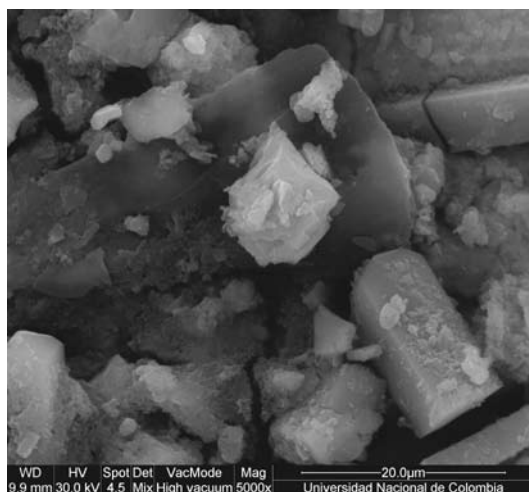
casos puede tomarse la AV como un indicador directo de la actividad microbiana en materiales de proceso en la fábrica de azúcar. Estos seguimientos se realizaron durante la operación normal de un ingenio dual, por espacio de cinco días, efectuando paralelamente a los análisis microbiológicos una composición diaria de muestras para determinar los contenidos de sacarosa, brix, azúcares reductores y pureza de los materiales de proceso. Los análisis microbiológicos se realizaron dos veces por día durante los cinco días, mediante muestras concretas.

Otros resultados destacados de investigación corresponden a los obtenidos con el tratamiento térmico en condiciones batch como método de limpieza para poblaciones de levaduras nativas, bacterias acidolácticas, mesófilos totales y

termófilos totales. En la figura se muestra que con temperaturas de 100 °C y un tiempo medio de residencia de 10 minutos se logró la remoción del ciento por ciento de las levaduras y las bacterias, mientras la eliminación de organismos termófilos fue muy escasa. Los experimentos se realizaron por triplicado y abarcaron otros dos niveles de temperatura.



Biopelícula formada en un clarificador de meladura



Simultáneamente, el Programa de Procesos de Fábrica ha abordado el estudio de la composición de las biopelículas formadas sobre los equipos de proceso y su comportamiento mecánico. Utilizando la microscopía electrónica de barrido (SEM, sigla en inglés) ha sido posible visualizar los mecanismos de formación de las capas de cristales y polisacáridos sobre los elementos porosos del metal base, las cuales forman un microhábitat para las colonias de bacterias y levaduras presentes en los materiales de la fábrica de azúcar.

En la fotografía de la izquierda se puede observar la interacción entre las formaciones cristalinas (formas geométricas definidas) que se aglomeran sobre el metal base y los productos del metabolismo microbiano (conformaciones amorfas de color más claro). Es así como se ha establecido que los aceros al carbono presentan una microporosidad alta, con diámetros inferiores a 5

micras, que constituyen el punto de partida para la fijación de oxalatos, carbonatos y cristales deformados de sacarosa mediante una capa elástica formada por polisacáridos. Con base en estos resultados se profundizará en el estudio de los materiales metálicos estructurales y sus posibles acabados superficiales, que minimicen la formación de las biopelículas.

Con el mismo fin de controlar la contaminación en los ingenios duales, se examinó el efecto de diferentes biocidas en su acción sobre los microorganismos que con más frecuencia son aislados como contaminantes en las plantas de azúcar y etanol, a saber: *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* spp. y algunas levaduras salvajes, así como también sobre las cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de uso comercial GRX, XP y GR. Los resultados señalan que el amonio cuaternario Proquat®, en una concentración inferior a 0.2 ppm, tuvo efecto de inhibición en el crecimiento de *Leuconostoc* spp. Por su parte, los ácidos de lúpulo presentes en los productos IsoStab® y LactoStab® tuvieron un efecto inhibitorio sobre las bacterias acidolácticas, puesto que en todos los tratamientos evaluados se logró una reducción de por lo menos dos ciclos logarítmicos de crecimiento.

Programa de Variedades

Nuestra misión es obtener variedades de caña de azúcar que expresen su potencial genético en ambientes específicos, con el fin de mejorar la productividad y la rentabilidad del cultivo en el valle del río Cauca.

Durante 2007 se lograron avances en el proceso de obtención de variedades y su mejoramiento genético. Las investigaciones estuvieron orientadas a la evaluación de tratamientos artificiales de fotoperíodo más eficientes en términos de inducción de floración, la adopción de metodologías de análisis estadístico y caracterización molecular con el fin de aumentar la confianza en la selección de los progenitores utilizados en los cruzamientos y el desarrollo de técnicas de biología molecular para la transformación genética de la caña de azúcar.

En aspectos de sanidad vegetal se dio continuidad al suministro de plántulas para el establecimiento de semilleros limpios y a la evaluación de patógenos y plagas en las variedades importadas y en proceso de selección; de igual forma se prestaron los servicios de diagnóstico en semilleros y campos comerciales (ver estadísticas en la página 80). Se lograron resultados positivos en las investigaciones para el diagnóstico molecular del barrenador *Diatraea* y de enfermedades virales y en la evaluación de la resistencia a enfermedades causadas por bacterias en plantas transgénicas. Así mismo, continuaron las evaluaciones de roya en algunas variedades promisorias y comerciales que han presentado síntomas de la enfermedad y el estudio acerca de la posible aparición de una nueva raza del patógeno causal.

Debido a que se registró por primera vez el salivazo *Aeneolamia varia* en la caña de azúcar en el valle del río Cauca, en cooperación con la autoridades competentes, los ingenios y Asocaña se puso en marcha un plan de manejo y control que incluyó el seguimiento de las poblaciones del insecto, el reconocimiento de especies y hospederos y la identificación de controladores biológicos. En conjunto con un comité asesor de expertos internacionales, se formuló un plan de investigación dirigido a establecer un sistema integral de manejo de la plaga.

Con respecto a las investigaciones en microbiología agrícola, se hicieron recuentos de los microorganismos presentes en suelos que recibieron aplicaciones de vinaza y compost, al tiempo que se avanzó en la evaluación de métodos de cultivo y conservación de hongos entomopatógenos y en la creación del respectivo banco de cepas. En apoyo a las investigaciones en procesos de producción de etanol se desarrollaron proyectos de microbiología industrial.

Mejoramiento genético

A continuación se presentan los avances en la obtención de nuevas variedades adaptadas a las condiciones de suelo y clima del valle del río Cauca, un reporte acerca de las variedades promisorias que están siendo multiplicadas por los ingenios y los proveedores de caña para su evaluación a escala comercial y una breve reseña de la experimentación que adelanta Cenicaña sobre la evaluación de zonas potenciales para el cultivo de la caña de azúcar en Colombia, fuera de la región azucarera.

Importación de variedades y cuarentena

Ingresaron a la Estación de Cuarenta Cerrada en Cundinamarca 55 variedades de 11 importaciones y se enviaron a la Estación de Cuarentena Abierta, en el Valle del Cauca, dos variedades mexicanas y cuatro australianas. En cuarentena abierta se tienen sembradas las variedades LT Mex 92-146, ITV 92-373, SP 85-3877, Q 183, LT Mex 92-236, N 29, SP 90-1638 y Q 159 que en 2008 serán objeto de pruebas agronómicas preliminares. Además, en proceso de limpieza por termoterapia y cultivo *in vitro* se encuentran 27 variedades originarias de las colecciones de Miami, Australia, Brasil, Mauricio, Sudáfrica y México.

Inducción de floración

Cenicaña realiza experimentos de fotoperíodo con el objetivo de estimular los procesos fisiológicos necesarios para la producción de inflorescencia en variedades de caña de azúcar que no florecen naturalmente en las condiciones del valle del río Cauca.

En 2007 se evaluó la combinación de luces fluorescentes e incandescentes en comparación con el uso de luces fluorescentes para inducir la floración en 25 variedades. Cinco variedades no florecieron con ninguno de los tratamientos. Las evaluaciones continuaran con el fin de encontrar un tratamiento que induzca la floración en más del 75% de los tallos y en todas las variedades.

Con el fin de lograr la floración necesaria para realizar los cruzamientos programados, se mantuvo el convenio de cooperación con el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) de México.

Cruzamientos

Se sembró el Estado I-2009 con la semilla de 181 cruzamientos hechos en 2007 en el CIDCA de México y de 358 cruzamientos realizados en 2006 en la Estación Experimental de Cenicaña, con progenitores de las zonas húmeda y semiseca.

El módulo de cruzamientos del Sistema de Información de Variedades (Sivar) se utilizó para programar los cruzamientos que se hicieron en 2007 con 126 progenitores identificados para la zona semiseca y 81 progenitores identificados para la zona húmeda.

De otra parte, se utilizó la metodología BLUP (*Best Linear Umbiased Predictor*) para analizar la información histórica de las variedades y los clones del programa de mejoramiento de Cenicaña que han llegado hasta los Estados III y IV y a las pruebas regionales. Los resultados indicaron que POJ 2878 y CI 47-143 han sido los mejores progenitores femeninos y CP 75-1935 y CP 78-2004, los mejores progenitores masculinos. El análisis mostró que, además de los cruzamientos biparentales o los policruzamientos, las autopolinizaciones también contribuyen en la obtención de variedades promisorias.

Obtención de variedades en el valle del río Cauca

Cenicaña promueve la participación de los profesionales de los ingenios y los cultivadores de caña en el proceso de mejoramiento y selección de las nuevas variedades de caña de azúcar. A continuación se presentan los avances más destacados de las evaluaciones que se llevan a cabo en sitios representativos de las zonas semiseca, húmeda y de piedemonte.

Zona semiseca

En las condiciones semisecas, donde la productividad promedio del cultivo es mayor que en las zonas húmedas, la selección de las variedades se realiza con énfasis en el mejoramiento del contenido de sacarosa, sin desconocer la producción de caña.

- Se sembraron en pruebas regionales 17 variedades de las series 97 a 01, en los ingenios Incauca (zona agroecológica 5C1), Manuelita (1C1), Mayagüez (1C0), Providencia (2C1), Riopaila Industrial (2C1) y Sancarlos (6C1), donde se utilizan como testigos CC 85-92 y MZC 74-275. Las nuevas variedades son CC 97-7170, 97-7565, 98-426, 99-1405, 00-2639, 00-2924, 00-3068, 00-3079, 00-3191, 01-1228, 01-1305, 01-1484, 01-1508, 01-1567, 01-1789, 01-678 y 01-746.
- Cosecha de la plantilla de 22 variedades que conforman el Estado III-2004, experimento localizado en el Ingenio Mayagüez (Venecia 92, zona 6C0), donde se destacaron por el contenido de sacarosa CC 04-15, CC 04-368 y CC 04-70 en comparación con el testigo CC 85-92.
- Selección de 69 variedades en semilleros y siembra de dos experimentos para evaluación en el Estado III-2005 con los testigos CC 85-92 y MZC 74-275 en los ingenios Castilla Industrial (San Rafael 50, zona 1C0) y Mayagüez (Balsora 4, zona 2C0). La selección se realizó con base en la calificación agronómica a los 9 meses de edad, la resistencia a carbón, roya y mosaico y el contenido de sacarosa, usando como testigo CC 85-92. El 5% de los materiales evaluados fueron inferiores al testigo en sacarosa pero mostraron buena producción de biomasa, de manera que fueron seleccionados para su evaluación posterior.
- Selección por contenido de sacarosa de 209 clones pertenecientes a 11 familias de las 19 evaluadas en el Estado I-2007, los cuales continuarán en evaluación en estados sucesivos para su selección por contenido de sacarosa y producción de caña.

Zona húmeda

- Cosecha de la plantilla de la prueba regional sembrada con variedades de las series 96, 97 y 99 en el Ingenio Risaralda, Santa María 1 (9C4), donde se destacaron CC 96-6953 y CC 99-2282, variedades que serán objeto de seguimiento y multiplicación.

Zona de piedemonte

- En el Ingenio Castilla Industrial, suerte Vallecito 60 (10C2), se cosecharon 50 variedades del Estado III-04 en plantilla y los testigos CC 85-92 y CC 84-75. Sobresalieron las variedades CC 04-667 y CC 04-844 con mayores producciones de caña y mejores contenidos de sacarosa que CC 85-92.
- Cosecha de la plantilla del experimento de evaluación de un grupo de variedades del banco de germoplasma sembrado en el Ingenio Castilla Industrial, suerte Vallecito 60 de la zona agroecológica 10C2, con 69 variedades y los testigos CC 85-92 y CC 84-75. Por el contenido de sacarosa superior al testigo CC 85-92 se destacaron 12 clones: CC 00-3012, CC 00-3079, CC 01-746, CC 91-1590, CC 91-1606, CC 93-7711, CC 95-5992, CCSP 89-43, PR 67-1070, PR 75-2002, RB 73-2223 y SP 71-6949.

Multiplicación de variedades

Para el establecimiento de semilleros, durante 2007 Cenicaña entregó a los ingenios y los proveedores de caña 350,000 plántulas libres de patógenos. De acuerdo con los registros que se presentan en el cuadro siguiente, las nuevas variedades CC en proceso de multiplicación corresponden a las series 92, 93 y 98.

Número de plántulas entregadas en 2007 a los ingenios azucareros y los proveedores de caña para el establecimiento de semilleros básicos

Variedad	Carmelita	Castilla Industrial	La Cabaña	Mayagüez	Pichichí	Riopaila Industrial	Proveedores de caña	TOTAL
CC 98-68					7,800			7,800
CC 93-3895		15,160				13,040		28,200
CC 93-4418		13,600		10,000		13,570		37,170
CC 93-7513		14,710				12,750		27,460
CC 92-2198		11,500				7,500	29,400	48,400
CC 92-3826		7,500				7,500	25,700	40,700
CC 85-92	20,000	13,000	30,000		42,000	13,000		118,000
CC 84-75		14,530				13,000	14,740	42,270
TOTAL	20,000	90,000	30,000	10,000	49,800	80,360	69,840	350,000

Evaluación de la caña de azúcar en otras regiones de Colombia

Con el objetivo de evaluar el ciclo de maduración de la caña de azúcar y su potencial de producción en lugares de Colombia fuera de la región azucarera, en 2007 fueron sembradas las variedades CC 84-75, CC 85-92, CC 87-434, CC 93-3826, CC 93-3895, CC 93-4418, CC 93-744, CC 93-7510, CC 93-7513 y CC 94-5446 en siete sitios experimentales localizados en Puerto Gaitán (Meta), Ambalema (Tolima), Montería (Córdoba), María La Baja (Bolívar), Sevilla (Magdalena), Codazzi (Cesar) y El Cerrito (Valle del Cauca), este último utilizado como testigo de referencia. En las evaluaciones se incluyen variables relacionadas con el desarrollo agronómico del cultivo, la producción al momento de la cosecha y la calidad de los jugos para azúcar y etanol. La experimentación se llevará a cabo durante tres cortes.

Biotechnología

En este aparte se presentan los avances de las investigaciones en biología molecular que contribuyen al mejoramiento genético de la caña de azúcar, la protección, el registro de las variedades CC y la sanidad del cultivo.

Caracterización molecular de variedades

En el Laboratorio de Biotecnología se evaluaron 136 variedades del banco de germoplasma utilizando un grupo de microsatélites específicos del género *Saccharum*, al cual pertenece la caña de azúcar. Con el uso combinado de dos microsatélites, el CIR-43 y el 08DUQ, se logró diferenciar 134 variedades de las 136 evaluadas, lo cual indica el alto poder de discriminación de estos dos marcadores. Con el CIR-43 fue posible diferenciar 86 variedades.

Con el objetivo de identificar el progenitor masculino de la variedad CC 85-92, actualmente sembrada en más del 65% del área con caña de azúcar en el valle del río Cauca y que fue el resultado de un policruzamiento donde intervinieron Co 775 como madre y CP 52-68, ICA 75-4 y CP 55-30 como posibles donantes de polen, se utilizaron los microsatélites CIR-54, CIR-56, CIR-36, CS-668 y CG-226. A partir de la caracterización molecular de los materiales se confirmó que los progenitores son Co 775 y CP 52-68, información de gran importancia en el proceso de mejoramiento varietal. Cenicaña repetirá dicho cruzamiento con la finalidad de encontrar nuevas combinaciones de genes para obtener variedades similares o mejores que CC 85-92.

En Cenicaña se usan los marcadores moleculares microsatélites como complemento de la caracterización morfológica de las variedades. El objetivo es analizar las variedades del banco de germoplasma con el fin de elaborar una base de datos que permita identificar las variedades de acuerdo con su perfil molecular. De esta forma se podrán identificar posibles duplicados en el banco de germoplasma, individuos provenientes de autofecundaciones, el padre de individuos provenientes de policruzamientos, híbridos intraespecíficos e interespecíficos y mezclas de variedades en el campo.

Caracterización molecular del barrenador *Diatraea* spp.

La identificación morfológica de especies del barrenador *Diatraea* es difícil de realizar tanto en pupas como en adultos. Dada la importancia económica de esta plaga, Cenicaña desarrolló una metodología molecular que permite diferenciar, a partir de la secuencia mitocondrial del gen II de la citocromo oxidasa (COII), las especies *D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. crambidoides* y *D. busckella*. Con los iniciadores (COII) utilizados también fue posible diferenciar *Blatobasis graminea*.

Transformación genética de la caña de azúcar

Se desarrolló la metodología de transformación genética en caña de azúcar empleando *Agrobacterium tumefaciens* en las variedades CC 85-92, CC 84-75 y CC 87-505. La transformación se confirmó mediante la expresión del gen *GUS* en callos embriogénicos y explantes meristemáticos usando las cepas de *Agrobacterium* AGL-1, LBA4404 y EHA105. La mayor eficiencia en la expresión se observó después de 7 días de cocultivo, cuando el explante está en contacto con la bacteria en el mismo medio. La metodología se usará para introducir genes de interés como resistencia a enfermedades, aumento de biomasa, resistencia o tolerancia a sequía en variedades de caña de azúcar. Adicionalmente, para obtener la variedad CC 85-92 con resistencia a las enfermedades bacterianas como raquitismo de la soca (RSD) y escaldadura de la hoja (LSD), se introdujo el gen 1SD usando biobalística sobre callos embriogénicos de dicha variedad. Las plantas transformadas se encuentran en desarrollo en el invernadero de bioseguridad para su evaluación patológica y molecular.

Diagnóstico molecular de enfermedades virales

Se estandarizó el sistema de detección molecular del virus del mosaico rayado (SCSMV), patógeno exótico en Colombia, a partir de muestras purificadas de ácido ribonucleico (ARN). La metodología será utilizada para la evaluación de las variedades importadas, en particular aquellas procedentes de los países de Asia donde se encuentra el patógeno.

Adicionalmente, se desarrolló un sistema duplex para detectar en una sola reacción el SCSMV y el virus del mosaico común de la caña de azúcar (SCMV) y otro sistema duplex para el diagnóstico simultáneo del virus de la hoja amarilla (SCYLV) y el SCMV.

De forma complementaria se ensayó la técnica de amplificación por RT-PCR a partir de extracto crudo, sin previa extracción del ARN (Castro, S., *et al.*, 1993; Gallego, J.C., 1997). Los resultados fueron exitosos en la detección del SCMV pero no se logró visualizar la banda indicativa del SCYLV en el gel de agarosa. De acuerdo con lo anterior se están ensayando variaciones en la metodología que permitan estandarizar el diagnóstico del SCYLV sin previa extracción del ARN, técnica de detección más sencilla, rápida y económica que la utilizada actualmente en la cual se requiere la extracción del ARN total. Estas metodologías serán empleadas en la estación de cuarentena cerrada para la detección de patógenos en las variedades importadas.

Fitopatología y entomología

A continuación se presenta un resumen de las actividades más importantes adelantadas en 2007 para el manejo sanitario de los cultivos de caña de azúcar en la agroindustria azucarera.

Evaluación de la incidencia de roya en ocho variedades

Cenicaña obtiene cada año nuevas variedades de caña de azúcar que son seleccionadas por su potencial de producción en las condiciones agroecológicas del valle del río Cauca y por su resistencia a las enfermedades de carbón, roya y mosaico. Durante el proceso de selección, las variedades son evaluadas por roya (*Puccinia melanocephala* H. & P. Syd.) para determinar el tipo de pústula o reacción (escala de calificación de 0 a 9) y el porcentaje de incidencia del daño de acuerdo con las pautas definidas por Purdy y Dean (1980). Así, se consideran resistentes aquellas variedades cuyo grado de reacción se encuentra en el rango de 0 a 5, que por lo general presentan incidencias menores o iguales a 15%.

Debido a que en los dos últimos años algunas variedades promisorias y otras comerciales han presentado síntomas de roya, Cenicaña y los ingenios están haciendo evaluaciones cooperativas para determinar el tipo de daño y su porcentaje de incidencia con el fin de aplicar las medidas de control. En variedades susceptibles, la enfermedad se puede contrarrestar con aplicaciones de nitrógeno y riego tardías, después de los cinco meses de edad del cultivo, para estimular la producción de nuevo follaje, lograr una recuperación completa de la planta y evitar pérdidas en producción. Las aplicaciones de productos químicos no son efectivas para el control de la roya.

Paralelamente, Cenicaña adelanta trabajos de investigación para evaluar la posible existencia de razas del patógeno causal de la roya en el valle del río Cauca que explicarían, en parte, la enfermedad en algunas variedades que antes no la habían presentado. La existencia de razas fisiológicas basadas en reacciones diferenciales de variedades ha sido registrada en la roya en la India. Esto sugiere que las diferentes razas originan variaciones en la reacción de ciertas variedades en el campo (Ryan y Egan, 1989).

Variedades con síntomas de roya



CP 57-603
Reacción grado 8,
incidencia de 60%.



CC 93-3895
Reacción grado 5,
incidencia de 7%.

Durante 2007 se hicieron evaluaciones con la variedad CC 93-3895 en la hacienda Esmeralda del Ingenio Sancarlos (1.4 meses a 10 meses de edad) y en ocho haciendas del Ingenio Manuelita (3.0 a 14.5 meses). En estos ingenios, las evaluaciones demuestran que la reacción alcanza como máximo el grado 5 con una incidencia no superior a 12%, la cual disminuye a medida que aumenta la edad de la caña. De acuerdo con lo anterior, CC 93-3895 se mantiene en el nivel de resistente a la roya, lo cual confirma los registros hechos en los estados de selección de la variedad y en las pruebas regionales.

Una situación similar se ha registrado con la variedad CC 85-92, que también conserva su nivel de resistencia al patógeno. Las evaluaciones se llevaron a cabo en la hacienda El Edén del Ingenio Providencia, entre los 4 meses de edad del cultivo y los 11 meses, cuando el porcentaje de incidencia estuvo entre 1% y 2% con reacción de 3 a 4; hacienda Novillero de Incauca, cultivos de 3.5 meses y 11 meses, incidencia inferior a 1% y reacción entre 3 y 4; hacienda Remolinos del Ingenio María Luisa, 8 meses de edad, incidencia inferior a 1% y reacción entre 3 y 4 y hacienda Zipango del Ingenio Riopaila, 4 meses, con incidencia de roya inferior a 1% y tipo de reacción entre 3 y 4.

Finalmente, en la Estación Experimental de Cenicaña se sembraron siete variedades CC y MZC 74-275. La roya se presentó en todas las CC con reacción entre 4 y 5 e incidencia entre 1% y 12%, mientras que en la MZC, considerada una variedad susceptible a la enfermedad, la reacción fue de 6 con 15% de incidencia. Las variedades evaluadas fueron (entre paréntesis, edades cuando se presentaron los valores más altos de incidencia): CC 84-75, CC 94-5827, CC 98-68 y CC 98-72 (5 a 7 meses), CC 85-92 y CC 92-2804 (7 meses) y CC 93-3895 (5 a 10 meses).

Salivazo en la caña azucarera del valle del río Cauca

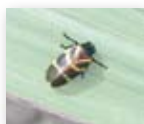
En junio de 2007 se detectó por primera vez el salivazo *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae) en caña sembrada para la producción de azúcar en el valle del río Cauca, en la hacienda Moralba, proveedora del Ingenio Providencia, localizada en el corregimiento de Mediacanoa, municipio de Yotoco.

De inmediato se unieron esfuerzos para atender la situación, de manera que Cenicaña y el Comité de Sanidad Vegetal del sector azucarero iniciaron acciones de rastreo en las áreas aledañas y en poco tiempo se determinó que el insecto se encontraba distribuido en la zona comprendida entre los municipios de Buga, Mediacanoa, Tuluá y Riofrío, en un área aproximada de 18,600 hectáreas. Debido a la plaga, el ICA declaró la zona en emergencia sanitaria y con el concurso del Instituto, los ingenios y los cultivadores, Asocaña, el Ministerio de Agricultura, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), el Ciat, Cenicaña y un comité de expertos, se estructuró un plan de acción que ha evitado la diseminación del insecto hacia otras zonas libres de salivazo y ha permitido mantener niveles bajos de incidencia en las zonas afectadas.

Con el respaldo del comité de expertos, Cenicaña definió planes de investigación que incluyen acciones en el corto, mediano y largo plazos. En 2007 se avanzó en la experimentación con insecticidas que puedan ser utilizados como una medida de choque para el control del insecto y se comenzó el establecimiento de una cría de salivazo con el fin de disponer de individuos de la plaga para llevar a cabo experimentos de resistencia varietal y control biológico con insectos benéficos y microorganismos. Los proyectos de investigación con objetivos en el mediano y largo plazos han sido formulados para estructurar un programa de manejo integral del salivazo en los cultivos de caña de azúcar en el valle del río Cauca.

En cuanto a las perspectivas de control biológico, Cenicaña coordina las investigaciones acerca de la mosca depredadora *Salpingogaster nigra* (Diptera: Syrphidae), su biología, cría masiva y eficiencia en la reducción de las poblaciones del salivazo. *S. nigra* se ha encontrado en el valle del río Cauca parasitando ninfas de *A. varia*, razón por la cual está siendo estudiada y sus poblaciones contabilizadas por las cuadrillas de rastreo que hacen seguimiento al salivazo en los ingenios.

La campaña de rastreo de salivazo en el valle del río Cauca se ha extendido también a pastos y gramíneas, donde se ha observado que los hospederos más frecuentes de *A. varia* son el pasto *Brachiaria* y el puntero, *Hyparrhenia rufa*. En cercanías del municipio de Florida, por ejemplo, en potreros sembrados con *Brachiaria* se encontraron focos altamente infestados por *A. lepidior* que causó un daño significativo. En los callejones que circundan las suertes de caña, particularmente en gramíneas, se han detectado las especies de salivazo *A. lepidior*, *Prosapia simulans* y *Zulia carbonara*. Las actividades para el manejo del insecto en pasturas están siendo coordinadas por el ICA, el Ciat, la Cooperativa de Ganaderos del Centro y Norte del Valle (Cogancevalle) y Cenicaña.



Aeneolamia varia



En 341 hectáras cultivadas con caña de azúcar donde se detectaron focos de infestación, con base en el umbral de control establecido a escala internacional se hicieron aplicaciones del insecticida Actara®. El 80% del área asperjada correspondió a las haciendas La Floresta y Corea, cercanas a la cabecera municipal de Riofrío.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas por los ingenios Carmelita, Sancarlos y Providencia en los meses de septiembre, octubre y noviembre, en el 13.8%, el 21.2% y el 24.6% de los campos evaluados, respectivamente, se registró la presencia de salivazo insecto, con una leve tendencia al incremento en comparación con las evaluaciones realizadas entre junio y agosto. En más del 90% de los campos donde se encontró el insecto, la incidencia fue inferior a 0.1 adultos/tallo.

Microbiología agrícola

Además de los avances que se presentan a continuación, los proyectos de microbiología agrícola incluyen el estudio de los efectos en la microflora del suelo debidos a las prácticas de cultivo, la evaluación de microorganismos eficientes que pueden ser benéficos en el cultivo de la caña de azúcar y el desarrollo de metodologías para la identificación de agentes causales de enfermedades.

Evaluación microbiológica de las aplicaciones de vinaza y compost al suelo

Se realizaron recuentos microbianos de mesoaerobios, hongos y actinomicetos en suelos del experimento de pruebas semicomerciales con compost y vinaza, correspondientes a suertes de los ingenios Manuelita, Mayagüez y Providencia. No se encontraron diferencias en los recuentos de población microbiológica en ninguna de las pruebas entre los lotes aplicados y el testigo sin aplicación, lo que ratifica los resultados encontrados en el pasado sobre el poco efecto de la vinaza en la microflora del suelo.

Conservación de hongos entomopatógenos

La evaluación de la viabilidad de cepas que han sido conservadas en refrigeración por 59 meses en papel filtro y por 24 meses en aceite mineral fue satisfactoria, al obtener nuevamente las cepas puras. Las características macroscópicas de las colonias fueron consistentes con la información descrita en la literatura. Se confirmó la identificación de *Paecilomyces fumosoroseus* y *Metarhizium anisopliae* por microcultivo y se realizó un registro fotográfico de cada especie, con el cual se creó una base de datos que contiene la descripción detallada del origen de cada cepa, el medio de conservación, los días de evaluación y las resiembras efectuadas en cada caso, para conformar así un banco de cepas de hongos entomopatógenos.

Finalmente, se cultivaron sobre papel filtro para su conservación cepas de *Paecilomyces fumosoroseus*, cepas de *Metarhizium anisopliae* provenientes del Ciat y cepas de CMaO4 y CPsO4 entregadas por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (Cincae).

Programa de Agronomía

Nuestra misión es reducir los costos de producción en la agroindustria azucarera mediante el desarrollo de la tecnología requerida para mejorar la productividad de la caña de azúcar y su calidad como materia prima en la producción de azúcar y etanol.

A continuación se presentan los avances del Plan de Investigación de Agronomía 2006-2010 en proyectos relacionados con manejo de aguas, nutrición vegetal y fertilización, control de la maduración y mecanización agrícola.

El énfasis de las investigaciones en manejo de aguas estuvo dado por la evaluación económica del riego por goteo, la evaluación preliminar de la fertirrigación por pulsos, el ensayo de nuevas opciones de riego por surcos en campos con residuos de cosecha, el desarrollo de sistemas novedosos de riego por surcos con caudal reducido en zonas de piedemonte y los avances de la investigación adelantada para obtener una función continua de K como factor para el cálculo de la evapotranspiración, variable necesaria en el cálculo del balance hídrico del suelo que se utiliza para la programación de los riegos.

Acerca de las investigaciones en nutrición y fertilización, se presentan los avances sobre el uso de NPK en campos con residuos de cosecha, la aplicación de fuentes líquidas de N y la fertilización en zonas muy húmedas. Finalmente se muestran los resultados de evaluaciones hechas a escala comercial con productos maduradores que pueden ser una alternativa al uso de glifosato y el progreso de las investigaciones en marcha sobre la secuencia de labores más apropiada para la preparación y el levantamiento de socas según las condiciones del suelo. Se incluye también información preliminar sobre los ensayos adelantados en apoyo al proyecto de corte de caña, alce, transporte y entrega de la materia prima a las fábricas (CATE).

De otra parte, en función de la caracterización agroecológica para el desarrollo de la agricultura específica por sitio, con base en los estudios detallados de suelos se llevó a término la segunda aproximación de la agrupación de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, a partir de la cual se conformaron 33 Grupos Homogéneos de Suelos definidos de acuerdo con las características de la familia textural, el régimen de humedad y la profundidad efectiva. Así mismo, se verificaron y ajustaron los Grupos de Humedad que, junto con la agrupación de los suelos, fueron utilizados en la definición de la nueva zonificación agroecológica, cuarta aproximación.

Manejo de Aguas

La industria azucarera colombiana ha registrado las mayores producciones de caña y azúcar en los años secos, cuando predomina el fenómeno de El Niño, debido a que se cuenta con la infraestructura de riego requerida para la captación de agua, su conducción y aplicación. La aplicación de riegos suplementarios es una práctica común en el valle del río Cauca, donde la programación se realiza mediante el cálculo del balance hídrico en el suelo utilizando en muchos casos el programa automatizado desarrollado por Cenicaña. Las investigaciones en curso buscan mejorar la eficiencia en el uso del agua mediante la definición de las prioridades de riego de acuerdo con las condiciones de humedad del suelo y los requerimientos del cultivo, la medición del agua y la fertigación por pulsos usando tubería con ventanas y el desarrollo de sistemas novedosos de riego por surcos con caudales bajos.

Evaluación económica del riego por goteo

Ante la escasez de agua y su costo alto, algunos productores de caña de azúcar han considerado la posibilidad de instalar sistemas de riego por goteo pero tienen dudas debido a que la inversión inicial es muy alta, entre seis y ocho millones de pesos por hectárea, y no se cuenta con evaluaciones económicas confiables.

Cenicaña, en cooperación con las haciendas La Josepilla y Malimbú, proveedoras del Ingenio Manuelita, está evaluando los factores de manejo técnico y la rentabilidad del riego por goteo en caña de azúcar. Ambas haciendas están localizadas en la zona agroecológica 2C0 que representa la zona más seca del valle del río Cauca, con una precipitación media anual de 800 mm y cuyo suelo es de textura francosa, consociación Manuelita del orden Mollisols, el cual se caracteriza por ser profundo, bien drenado y de alta fertilidad. En estas haciendas la disponibilidad de agua para riego por gravedad es muy baja.

Con el objetivo de hacer la evaluación *ex post* de la rentabilidad de la inversión en un sistema de riego por goteo realizada en 2003 en la hacienda La Josepilla, se recopiló la información del período 2000-2007 correspondiente a 46 hectáreas para las variables tipo de riego (convencional por surcos y goteo), variedad sembrada, edad de cosecha, número de corte, producción de caña, rendimiento en azúcar, costos de producción e inversión.

Para estimar la rentabilidad del sistema de riego por goteo se calcularon los ingresos netos de la hacienda, con el respectivo margen operacional durante un período de cinco cortes y se utilizaron como indicadores financieros el valor presente neto y el período de recuperación de la inversión.

El tipo de riego contribuyó a explicar las variaciones presentadas en los costos de producción en 21% y en el margen operacional en 24%. El margen operacional en las suertes con riego por goteo fue de 57% en promedio, 14% más del que presentaban antes de la inversión; los costos de campo estuvieron 6% por debajo del valor registrado antes de la inversión y los costos de riego fueron 32% más bajos en comparación con los presentados cuando se utilizó el sistema convencional.

La inversión se recuperó en cuatro cortes; el valor presente de los ingresos netos durante el período de análisis fue de 73 mil dólares, luego de cubrir la inversión y la rentabilidad anual exigida por el inversionista (16%). Esto significa que el proyecto alcanzó en cinco cortes una tasa interna de retorno de 29%.

Las investigaciones continuarán para afinar los factores técnicos de manejo del riego por goteo y la evaluación económica del sistema en las condiciones del valle del río Cauca.

Fertigación por pulsos

El riego por pulsos se define como la aplicación intermitente de agua a los surcos y es un sistema de gran potencial para ahorrar agua, especialmente en campos nivelados, con entresurcos bien conformados y sin obstáculos para el flujo del agua. Tanto en las pruebas experimentales como en el seguimiento comercial realizado en el Ingenio Manuelita, el riego por pulsos presentó un ahorro de agua entre 20% y 29% (de 1600 m³/ha bajó a 1200 m³/ha) y un incremento en el rendimiento de los jornales de 1.9 a 3.8 ha/día (25-50%). Además, la uniformidad de distribución del agua a lo largo de los surcos estuvo entre 80-90%, lo cual indica que la fertigación por pulsos podría ser una práctica útil para la aplicación de los fertilizantes solubles.

En la Estación Experimental de Cenicaña se realizó un primer ensayo de fertigación por pulsos en el lote 13B, en parcelas de seis surcos espaciados a 1.5 m y con longitud de 108 m, en una plantilla de la variedad CC 85-92, zona agroecológica 8C1, suelo Palmira con textura franco arcillosa, contenido mediano de materia orgánica (2.8%), contenido alto de fósforo disponible (23 ppm) y contenido alto de potasio intercambiable (0.49 meq/100 g). El nitrógeno se fraccionó en dos aplicaciones, a los 44 días después de la siembra (40 kg de N/ha) y a los 67 días después de la siembra (40 kg de N/ha). La cosecha se realizó a los 13.3 meses de edad.

Las producciones de caña en los tratamientos que recibieron urea fueron de 190 t/ha con un rendimiento de 13.9%, mientras que en los tratamientos que no recibieron nitrógeno fue de 172 t/ha con rendimiento de 13.5%. No se observaron diferencias entre la fertigación por pulsos y la fertilización convencional con máquina, lo cual indica que la fertilización mediante el riego por pulsos es promisorio debido al ahorro por concepto de equipo y operario (Col\$60,000/ha ó US\$29.9/ha). Es necesario continuar con evaluaciones en áreas mayores de cinco hectáreas para conocer la proyección de la fertigación por pulsos en campos comerciales.

Opción económica del riego por surcos en caña verde

Cuando se cosecha caña sin quemar, el sistema de encalle de los residuos más utilizado es al 2x1 (dos calles sin residuos seguidas por una con residuos), lo cual obliga a que el riego por surcos se realice colocando el agua en las dos calles sin residuos, convirtiéndolo en un esquema de riego al 2x1.

Con el propósito de disminuir los volúmenes de agua utilizados para riego, en el Ingenio Manuelita se inició un ensayo exploratorio donde se evalúa la opción económica de riego al 1x2 en la cual se coloca el agua solamente en una de las dos calles sin residuos y se alterna la calle con agua en cada evento de riego.

Las evaluaciones se hicieron en dos riegos programados con balance hídrico a los 6.6 meses de edad de la caña y a los 7.9 meses. El riego al 1x2 mostró ser promisorio, con una reducción de 25% en el volumen promedio de agua aplicada (de 1580 m³/ha pasó a 1180 m³/ha) y un aumento de 14% en el rendimiento promedio de hectáreas regadas por jornal (de 1.2 ha/jornal pasó a 1.4 ha/jornal).

Con base en estos resultados se proyecta evaluar el efecto del riego al 1x2 en el desarrollo del cultivo y en la producción de caña y azúcar.

Riego con caudales reducidos

En la región azucarera, el área potencial para la producción de caña en el piedemonte de las cordilleras Central y Occidental alcanza las 62,636 hectáreas con pendientes mayores a 1% y cota de elevación mayor a 1050 metros. En dicha área se dispone de fuentes de agua superficiales con caudales bajos que no se pueden usar para el riego convencional por surcos de la caña de azúcar, en el cual se usan normalmente caudales mayores a 80 L/s.

En la hacienda Vallecito de Castilla Industrial, suelo Nima de textura fina sobre fragmental arcillosa, con 35% de gravas, zona agroecológica 3C2, se cosechó recientemente un experimento en el que los caudales aplicados por surco variaron entre 0.08 L/s y 0.35 L/s, con longitudes de surco de 100 m y pendientes entre

Instalación artesanal de un sistema de caudal reducido



Hacienda La Fría de Castilla Industrial

1.7% y 5.0%. En este sistema de baja presión, para la conducción del agua se están utilizando mangueras plásticas de bajo costo y en cada surco se hacen derivaciones con mangueras de diámetro entre 6 mm y 12 mm. En el tratamiento de mayor producción de caña (80 t/ha) se usó un caudal de 0.12 L/s por surco que resultó en una lámina de riego de 82 mm, con tiempo de avance del agua de 24 horas. La producción de caña en el tratamiento testigo sin riego fue de 56 t/ha. Estos resultados muestran el potencial de uso de este sistema de riego en zonas de piedemonte. Evaluaciones similares se están adelantando en los ingenios Pichichí y Riopaila Industrial.

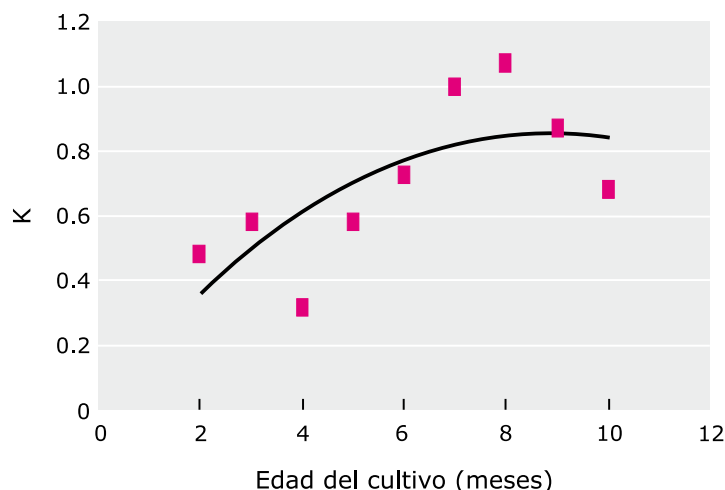
Curva de K para la programación de los riegos

En el programa de Balance Hídrico v.3.0 se han establecido prioridades de riego con base en resultados experimentales y el uso de $K=0.3$ para el período de macollamiento y $K=0.7$ para el período de rápido crecimiento como factor para el cálculo de la evapotranspiración, valores de K actualmente recomendados por Cenicaña. No obstante, para mejorar los índices de ahorro de agua, los costos de riego y la producción de caña y azúcar es recomendable usar una función continua de K.

Con este propósito, se adelanta una experimentación en el Ingenio Mayagüez con la variedad CC 93-3895 (hacienda Las Margaritas, suerte 4A, zona agroecológica 2C0) y en el Ingenio Manuelita con la variedad CC 85-92 (hacienda La Olga, suerte 124A, zona agroecológica 4C0), donde se están evaluando tres tratamientos con funciones continuas de K, así: un tratamiento seco con valores de K menores a los recomendados por Cenicaña, un tratamiento intermedio con los

valores de K recomendados y un tratamiento húmedo con valores de K superiores; se incluyó un tratamiento testigo sin riego.

Función de K obtenida en la hacienda La Olga del Ingenio Manuelita



La plantilla de las variedades fue cosechada a los 13.5 meses de edad. La producción de caña con el tratamiento de humedad intermedia (145 t/ha) fue muy similar a la obtenida con el tratamiento de alta humedad (146 t/ha) en el que se usa un valor de $K=1.2$ en el período de crecimiento rápido. La función de K obtenida con el tratamiento intermedio resultó en valores de K muy cercanos a los que Cenicaña recomienda actualmente para la programación de los riegos (ver figura). La experimentación continuará con las evaluaciones en los dos cortes siguientes.

Nutrición y fertilización

Además de los informes que se presentan a continuación, en el área de nutrición y fertilización se realizan investigaciones sobre el efecto agronómico de la aplicación de silicio al cultivo, el uso de compost y la fertilización con elementos menores. Así, en 2007 se estandarizó la metodología para preparar abonos compostados con base en cachaza, carbonilla y vinaza, los cuales están siendo evaluados en su función fertilizante; paralelamente, se realiza el monitoreo de las aguas subterráneas para evaluar el riesgo de contaminación por la aplicación de vinazas como fertilizante potásico.

Residuos de cosecha y fertilización con NPK

En la Estación Experimental de Cenicaña, en un suelo Palmeras (Vertic Haplustols) con contenidos medianos de materia orgánica (36%) y contenidos altos de P disponible (42 ppm) y de K intercambiable (0.46 meq/100 g) de la zona agroecológica 8C1, después de siete cortes consecutivos de la variedad CC 85-92 se observó que en los campos donde se han retirado los residuos de cosecha el potencial productivo del suelo ha disminuido cuando no se han aplicado fertilizantes. Las producciones de caña y de azúcar obtenidas en la sexta soca en las parcelas donde se han acomodado los residuos al 2x1 casi duplican las producciones de caña de las parcelas donde los residuos de cosecha fueron retirados. Las mayores producciones de caña y azúcar se obtuvieron con las aplicaciones de N entre 150 y 200 kg/ha. Independientemente de la presencia de residuos, es decir, al tener en cuenta los promedios de TCH, sacarosa % caña y TAH de los tratamientos evaluados, las mayores producciones de caña y de azúcar y los mayores contenidos de sacarosa se obtuvieron con las dosis de 150 kg de N y 60 kg de K_2O por hectárea aplicados en banda e incorporados al suelo a los 45 días después del corte.

En Incauca se utiliza un suelo Líbano (Entic Hapludols) con contenidos bajos de materia orgánica (1.9%) y de K intercambiable (0.15 meq/100 g) y contenidos altos de P disponible (57 ppm) de la zona agroecológica 5C1. En este sitio, las aplicaciones de NPK han disminuido el pH del suelo en 10% y han aumentado los contenidos de P disponible hasta en 200% en relación con el tratamiento sin NPK. Es decir, con las dosis de 100 kg y 150 kg de P_2O_5 /ha se han logrado efectos acumulativos significativos en el P disponible de este suelo después de cuatro aplicaciones sucesivas de superfosfato triple. En términos de desarrollo del cultivo, contenido de N y clorofila foliar y producciones de caña, hubo respuestas significativas y altamente significativas de la CC 85-92 a las aplicaciones de N principalmente. Las mayores producciones de caña se obtuvieron con las dosis de 150 kg de N, 50 kg de P_2O_5 y 60 kg de K_2O por hectárea, producciones que superaron el tratamiento testigo en 36 toneladas. En sacarosa hubo poca variación entre los promedios de los tratamientos evaluados. Según las producciones de caña y azúcar obtenidas en este sitio, las mejores dosis de 150 kg de N y 60 kg de K_2O /ha son similares a las obtenidas para el experimento que se realiza en la Estación Experimental de Cenicaña. En Incauca, los residuos no han mostrado aún efectos positivos sobre las condiciones del suelo.

En el Ingenio Manuelita, en un suelo Palmira (Pachic Haplustols) con contenidos medianos de materia orgánica (3.9%), de P disponible (8 ppm) y de K intercambiable (0.25 meq/100 g), zona agroecológica 1C1, después de cuatro aplicaciones sucesivas de NPK, los contenidos de K intercambiable del suelo aumentaron en 50% con las aplicaciones de 120 y 180 kg de K_2O /ha. Respecto del tratamiento testigo absoluto (sin NPK), la producción de caña con la dosis de 150 kg de N se incrementó en 10 toneladas y con la dosis de 200 kg de N, en 22 toneladas, lo cual indica que en este tipo de suelos las dosis más apropiadas de N varían entre 150 y 200 kg/ha complementadas con 60 kg de K_2O /ha y en presencia de los residuos generados por el cultivo. Los contenidos de sacarosa % caña y de ARE no variaron con la fertilización en esta cuarta soca de la CC 85-92.

Fuentes sólidas y líquidas de N

Se evalúan tres fuentes de N [urea del 46% de N, nitrax del 22% y solución UAN del 30% (urea + nitrato de amonio)] y cinco dosis de N. Los objetivos de esta investigación son mejorar la eficacia del N en la fertilización de la caña de azúcar y precisar las recomendaciones de este nutrimento para este cultivo en suelos del valle del río Cauca. Se han establecido cuatro experimentos en los ingenios Castilla Industrial, Incauca, Riopaila Industrial y Risaralda.

En el Ingenio Riopaila Industrial, suerte Valparaíso 23, donde se usa un suelo Galpón (Vertisols) con contenidos medianos de materia orgánica (2.6%) y contenidos altos de P disponible (14 ppm) y de K intercambiable (0.84 meq/100 g) de la zona agroecológica 6C1, se evalúan solamente las fuentes urea y nitrax por no haber dispuesto de la solución UAN cuando se estableció el experimento. Las evaluaciones realizadas en la plantilla de la CC 85-92, en este experimento, no mostraron diferencias significativas entre las dos fuentes nitrogenadas. Aunque esto demuestra eficacias similares de ambas fuentes, los promedios señalaron mayores contenidos foliares de N y mayores producciones de caña y de azúcar con nitrax. La producción media de caña obtenida con nitrax fue superior en 11 t/ha a la obtenida con urea, diferencia que representa un incremento en producción de 10%. La mayor eficacia obtenida con nitrax puede ser una consecuencia de la presencia de las formas nítricas y amoniacaes en este fertilizante nitrogenado.

Los experimentos en los demás ingenios están en curso y aún no se han cosechado las plantillas.

Fertilización con nitrógeno en zonas muy húmedas

En la zona plana del valle del río Cauca existen aproximadamente 35,000 hectáreas sembradas con caña de azúcar caracterizadas por presentar encharcamientos periódicos y niveles freáticos superficiales que limitan seriamente la asimilación del N por parte del sistema radical y restringen las producciones de caña.

En el primer semestre de 2007 se cosechó la plantilla de la CC 85-92 en un suelo Portobelo (Inceptisols) perteneciente a la zona agroecológica 9C4 y ubicado en el Ingenio Risaralda. Las aplicaciones suplementarias de N efectuadas a los tres meses de edad del cultivo aumentaron los contenidos de clorofila en forma indirectamente proporcional a la dosis de N aplicada a los 45 días después de la siembra. A esta edad se aplicaron las dosis básicas de 50, 100 y 150 kg de N/ha y como dosis suplementarias o de ajuste, a los tres meses de edad, entre 0 y 100 kg de N/ha con intervalos de 25 kg/ha.

Aunque no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, las dosis suplementarias de N aumentaron la producción de caña sin justificar aplicaciones mayores que 25 kg de N/ha, así como aumentaron los contenidos de sacarosa % caña sin justificar dosis mayores que 50 kg de N/ha. Dado que los mayores contenidos de sacarosa se obtuvieron con la dosis básica de 150 kg/ha y con las diferentes dosis suplementarias de N, las mayores producciones de azúcar correspondieron a las aplicaciones de 150 kg de N/ha a los 45 días después

de la siembra más 50 kg de N/ha a los tres meses después de la siembra en este suelo de la zona agroecológica 9C4 de medianos contenidos de materia orgánica. Este experimento se continuará hasta la segunda soca.

Maduradores

La aplicación de productos maduradores y/o compuestos alternativos con el fin de mejorar la maduración de la caña, es una práctica comercial en el valle del río Cauca. Hasta el momento, no se ha logrado identificar sustancia alguna que supere al glifosato en efectividad y costos. Cenicaña, en cooperación con los ingenios y cultivadores, continúa ensayando nuevos productos que puedan sustituir al glifosato por su efectividad y costo.

Ensayos con productos alternativos

En el Ingenio Mayagüez, suerte San Rafael 42 sembrada con la variedad CC 85-92 de quinto corte (zona agroecológica 2C0), se evaluaron diez tratamientos con productos maduradores aplicados a los 10.4 meses de edad del cultivo, con cosecha a los 12.4 meses.

Los tratamientos fueron: Roundup SL® (1.3 L/ha), Roundup 747® (0.5 kg/ha), Glifosato 747 de Agrogén® (0.5 kg/ha), Select 240® (0.5 L/ha), Carboxyl® (3.0 L/ha), Bioticón® (KNO₃+Ryzup+vinaza) + Roundup SL® (1.3 L/ha), Faena® (1.3 L/ha) y Bioticón® + Faena® (1.3 L/ha). La aplicación se realizó con avión ultraliviano usando un volumen de 4.2 L/ha de mezcla; para aplicar el Carboxyl® se cambiaron las boquillas y se aplicó un volumen de mezcla de 10 L/ha.

El glifosato en sus diferentes presentaciones comerciales mostró la mejor respuesta en maduración alcanzando incrementos hasta de 11% en sacarosa y 12% en la producción total de azúcar, sin afectar negativamente la producción de caña ni el rebrote de la cepa. El glifosato aplicado solo o en mezcla con Bioticón® tuvo la misma efectividad en la maduración y la producción de la caña.

En el Ingenio Risaralda, suerte Villa Stella 7 (zona agroecológica 5C4), en una plantilla de la variedad CC 85-92 se probaron maduradores no herbicidas, así: Cosmomadurador® (2.0 kg/ha), B-Zucar® (0.5 kg/ha) y K-Fol® (1.0 kg/ha) aplicados a la edad de 10 meses de la caña y el testigo Glifolaq® (1.2 L/ha) aplicado a los 11 meses. La cosecha programada para los 13 meses sólo se pudo realizar a los 14.2 meses debido a las altas precipitaciones.

El Glifolaq® fue el producto de mayor respuesta en sacarosa % caña alcanzando hasta 10% de incremento a la octava semana después de la aplicación, seguido por el Cosmomadurador®, con el cual se logró un incremento de 9% en la decimisegunda semana. El Cosmomadurador® aparece como un producto alternativo que puede ser atractivo en las zonas de restricción o cercanas a cultivos de hoja ancha.

Mecanización agrícola

Las investigaciones en esta área incluyen experimentaciones acerca de la secuencia de labores de preparación y labranza más adecuadas para cada tipo de suelo de acuerdo con el manejo, el grado de compactación y la distribución de la humedad en el perfil, orientadas a mejorar la efectividad de las mismas con reducciones en los costos de producción. Simultáneamente, de acuerdo con los objetivos del proyecto CATE (ver página 21) se adelantan evaluaciones sobre las relaciones suelo-maquinaria en las labores de corte y transporte de la caña de azúcar.

Secuencia de labores para la preparación de suelos y el levantamiento de socas

Las prácticas de cultivo no se deben generalizar, porque los requerimientos de labranza en un mismo suelo pueden cambiar de acuerdo con el manejo, el grado de compactación del suelo y la distribución de la humedad en el perfil. Con el objetivo de mejorar la efectividad de los sistemas de preparación de suelos y el levantamiento de socas, con reducciones en los costos de producción, se han establecido cinco experimentos en suelos de texturas franco arenosa, franco arcillosa y arcillosa donde se están investigando el orden de ejecución de las labores y el número de pases de los diferentes equipos de labranza.

El experimento más avanzado está en la hacienda Arauca del Ingenio Mayagüez, en un suelo Manuelita (Mollisols) de textura franco arenosa, zona agroecológica 5C1 donde se evalúan cuatro tratamientos para el levantamiento de la primera soca, combinando labores de subsuelo, escarificación y cultivo-abono. Los tratamientos presentaron reducciones de costos entre 20% y 53% con respecto al método convencional. Las producciones y los rendimientos no mostraron diferencias significativas. Las producciones por hectárea alcanzaron las 150 toneladas de caña y las 20 toneladas de azúcar.

Los otros cuatro experimentos fueron establecidos durante 2007 en suelos del Ingenio Manuelita (franco arcilloso) y los ingenios Castilla Industrial, Riopaila Industrial y Sancarlos (arcillosos). En cada sitio se tienen cinco tratamientos y cuatro repeticiones. El análisis de la distribución del tamaño de los agregados del suelo en cada sitio no mostró diferencias significativas entre los métodos de labranza probados. Los cinco experimentos están en seguimiento mediante muestreos cada tres meses para evaluar las propiedades físicas del suelo y el desarrollo del cultivo.

Compactación del suelo causada por equipos de cosecha y transporte

La caña de azúcar es un cultivo de alta producción de biomasa y para la recolección de la cosecha y su transporte se usan equipos de gran tamaño que pueden causar compactación del suelo debido al peso y daños directos al cultivo por el tráfico en el campo durante las labores.

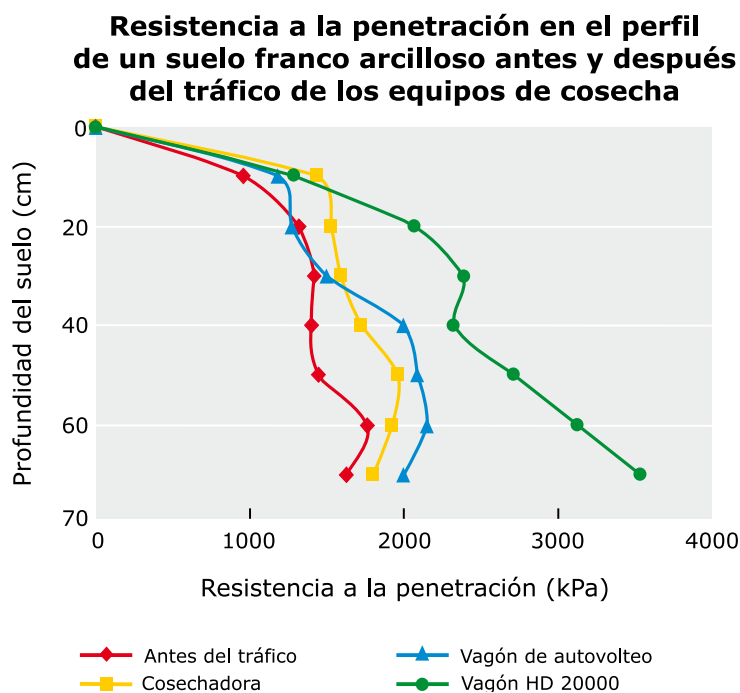
En la hacienda San José Garcés, del Ingenio Providencia, en un suelo de textura franco arcillosa, durante las operaciones de cosecha mecánica se midieron los esfuerzos transmitidos al suelo por las llantas de un vagón HD 20000 y un vagón de autovolteo, este último correspondiente a un diseño John Deere construido por la firma Imecol. En la prueba se usó una cosechadora Cameco CHT-3500® y los vagones fueron halados por un tractor Case IH 9130®. Cabe anotar que en el proceso de corte mecánico la cosechadora y el conjunto tractor + vagón efectúan doble tráfico sobre el mismo entresurco.

Para cuantificar el efecto de los equipos en el suelo, Cenicaña diseñó un sensor compuesto por un transductor de presión que mide la magnitud de los esfuerzos ejercidos por las llantas de los vagones sobre la masa de suelo a diferentes profundidades, el cual se conecta a un datalogger donde se almacenan los datos que luego son transferidos a un computador.

En este suelo de textura franco arcillosa, los registros señalan que a 10 cm de profundidad el vagón de autovolteo transmitió esfuerzos de 290 kPa con el paso de las llantas delanteras y de 296 kPa con las llantas traseras. El vagón HD 20000 provocó esfuerzos iguales a 276 kPa con las llantas del eje delantero, 345 kPa con el eje intermedio y 386 kPa con el eje trasero.

Utilizando un penetrómetro de cono se midió la resistencia a la penetración en el perfil del suelo antes del tráfico de los equipos de cosecha y después de éste. Debido al doble tráfico de los equipos de la cosecha mecánica sobre el mismo entresurco, el valor de mayor resistencia a la penetración se registró entre 40 cm y 60 cm de profundidad después del segundo pase de los equipos.

A los 60 cm de profundidad, las orugas de la cosechadora indujeron una resistencia máxima de 1900 kPa, las llantas del vagón de autovolteo provocaron una resistencia máxima de 2100 kPa y las del vagón HD 20000, una resistencia máxima de 3550 kPa. El vagón HD 20000 está montado en tres ejes y transporta una carga promedio de 11 t/eje, valor muy superior a las 5 t/eje sugeridas como la carga límite para evitar una compactación alta del subsuelo. La resistencia a la penetración medida después del tráfico del vagón HD 20000 fue 1.87 veces superior a la ejercida por la cosechadora y 1.7 veces mayor que la inducida por el vagón de autovolteo. Con el tránsito del vagón de autovolteo, la resistencia a la penetración en el perfil del suelo presentó valores muy cercanos a los registrados luego del paso de la cosechadora (ver figura).



Los valores de la resistencia a la penetración provocada con el vagón HD 20000, dado su gran tamaño y el exceso de peso, sugieren que se debería evitar la entrada de este equipo a los campos de cultivo.

Cenicaña seguirá las evaluaciones con el objetivo de medir el impacto de los equipos de cosecha y transporte en suelos de texturas gruesa, media y fina y su efecto en la productividad de la caña de azúcar.

Relaciones suelo-máquina

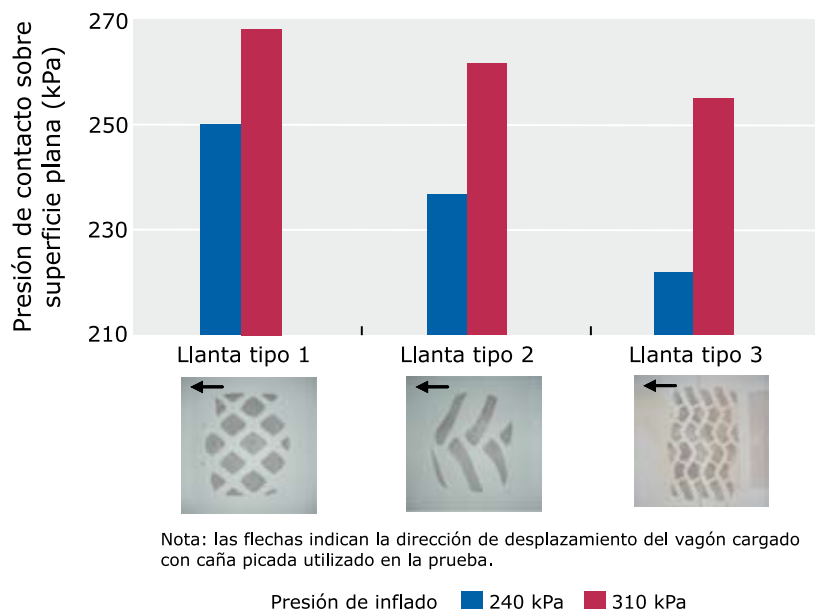
Las llantas y sus condiciones de operación son factores determinantes en la compactación causada por los equipos de cosecha en los suelos cultivados con caña de azúcar.

En el Ingenio Carmelita se realizó la evaluación de tres tipos de llantas utilizadas en vagones de transporte de caña. El objetivo fue evaluar el comportamiento de las llantas con respecto a la compactación generada durante la cosecha mecánica. Se utilizaron vagones tipo Milenio cargados con caña picada y equipados con juegos completos de llantas, las cuales se identificaron como tipo 1, tipo 2 y tipo 3.

En el taller agrícola se determinaron las huellas de contacto de cada tipo de llanta y las cargas y deflexiones de las mismas con dos presiones de inflado (240 kPa y 310 kPa). Con ambas presiones de inflado, la llanta tipo 3 presentó las condiciones más favorables al generar mayores áreas de contacto sobre superficies planas y menores presiones de contacto (ver figura); con 240 kPa de aire, el área total de contacto fue de 2495 cm², la presión de contacto fue de 222 kPa, el área de contacto en tacos fue igual a 1218 cm² y la presión de contacto en tacos fue de 454 kPa. Como era de esperar, con 310 kPa de aire disminuyeron las áreas de contacto

y se incrementaron las presiones de contacto debido a que aumenta la rigidez de la llanta.

Huellas de contacto de tres tipos de llantas y su presión de contacto en función de la presión de inflado, evaluadas en el taller agrícola del Ingenio Carmelita



Las pruebas de campo se realizaron en un suelo arcilloso con índice de plasticidad de 37% y densidad máxima al compactarlo de 1.86 Mg/m³ (prueba de Proctor) a un contenido óptimo de humedad de 32%. Después del tránsito de los equipos de cosecha, con la llanta tipo 3 se registró el mejor comportamiento, con una densidad aparente del suelo de 1.69 Mg/m³ en promedio. Las evaluaciones se realizan en el marco del proyecto CATE y continuarán con la ejecución de tres ensayos para determinar el comportamiento de llantas para vagones de transporte de caña con respecto a la compactación inducida en el suelo.

Programa de Procesos de Fábrica

Nuestra misión es contribuir al mejoramiento de los procesos fabriles que se desarrollan en el sector azucarero colombiano, siguiendo los principios de la sostenibilidad ambiental, la optimización de la tecnología y la rentabilidad económica.

Al hacer el compendio de los resultados de la gestión de investigación en procesos de fábrica resulta pertinente destacar que la puesta en marcha de las plantas productoras de etanol en el sector azucarero ha exigido un proceso paralelo de revisión y adecuación de las operaciones unitarias involucradas en las plantas de azúcar dado que éstas, finalmente, suministran las materias primas. Es así como aspectos relacionados con la caracterización microbiológica de corrientes de proceso en clarificación, concentración y cristalización, los controles de pH en estaciones de encalado, el retorno de materiales de proceso para su mezcla aguas arriba y las operaciones de lavado de caña en recepción, han tenido que ser reevaluados y examinados con un nuevo enfoque, el cual propende a la limpieza, la sanitización y la inocuidad necesarias para estabilizar el proceso fermentativo.

Aunque a primera vista estos resultados investigativos y operacionales sólo aplican a los ingenios con producción dual de azúcar y etanol, es muy importante resaltar que los mismos se pueden extrapolar a los ingenios puramente azucareros, por cuanto el conocimiento generado permite explicar gran parte de las pérdidas indeterminadas de azúcar que actualmente ocurren y también motiva a que las prácticas de diseño de equipos y operaciones sean las mismas tanto en los unos como en los otros.

Esta nueva realidad ha obligado a replantear la política de investigación y de asesoría del programa, tarea que fue abordada junto con los superintendentes de fábrica de los ingenios, de forma que se acordaron las siguientes líneas de trabajo para el período 2008-2009:

- Energía: programas de uso racional de energía, generación y adecuación de indicadores para autosuficiencia; gestión energética de residuos tanto de cosecha como industriales; integración energética en redes de intercambio de calor; estudio del potencial para ciclos combinados gasificación-pirolisis-*fisher tropps*; esquemas para venta de energía y planeamiento energético.
- Operaciones: caracterización de corrientes de proceso y conocimiento de las operaciones unitarias con los equilibrios de fases y de componentes; caracterización de la sedimentabilidad, la floculabilidad, la generación de color y su remoción, la fermentabilidad de materiales en fábricas de azúcar y el secado, almacenamiento y transporte como precursores del fenómeno de aterronamiento de azúcar.

- Control: control del proceso integrado de azúcar-etanol-energía y su regulación; control avanzado; generación de modelos dinámicos; evaluación de esquemas de control matriciales.
- Etanol: rutas de fermentación convencionales y alternativas; uso de residuos como sustrato para la hidrólisis enzimática; detoxificación de materiales hidrolizados; producción de furfural como agente biocida en materiales de proceso; aislamiento y selección de variedades de levaduras nativas con potencial comercial; instalación y operación de un fermentador piloto.
- Calidad: inocuidad y seguridad quimiobiológica en materiales de proceso y en productos finales.
- Información: aseguramiento de la información; operación de un observatorio tecnológico; investigación básica sobre nuevos productos derivados de la caña de azúcar; avances en suromedicina.

Como se observa, el espectro de posibilidades de investigación en procesos de fábrica se amplía significativamente, incluso hasta campos de disciplinas como las ingenierías electrónica y eléctrica y la microbiología que prestan un concurso importante durante la operación diaria en los ingenios. Para el desarrollo de los proyectos en las áreas mencionadas, se contará con la cooperación de otros centros de investigación adscritos, entre otras, a la Universidad Industrial de Santander, la Universidad del Valle y la Universidad de Antioquia.

A continuación se presentan los resultados principales de las investigaciones relacionadas con los procesos fabriles de producción de azúcar concernientes a la valoración de pérdidas indeterminadas, el estudio exploratorio de nuevos productos y la estandarización de la información de procesos, así como una reseña del progreso en la institucionalización de la plataforma de servicios y las solicitudes atendidas durante 2007. Los informes de los proyectos sobre etanol se presentan en la página 29.

Valoración de pérdidas indeterminadas

A pesar de los estrictos controles que se realizan durante la operación de las fábricas de azúcar para cuantificar los inventarios de materia prima y los productos, aún existe una brecha de conocimiento en relación con las pérdidas no cuantificadas de sacarosa diferentes de aquellas detectables en bagazo, cachaza y mieles. Los seguimientos operacionales que se realizaron en cuatro ingenios mostraron la posibilidad de mejorar sustancialmente el índice de pérdidas indeterminadas de azúcar mediante el control de procesos, en lo relacionado con la estabilidad de flujos y la variable pH.

La intermitencia del proceso de molienda, causada principalmente por la discontinuidad del suministro de caña a la fábrica, genera unas condiciones transitorias tales que se afecta drásticamente el funcionamiento de los equipos de proceso continuos, principalmente de los clarificadores y los evaporadores.

En el caso de un ingenio, en un período de 9 meses se registraron un total de 600 paradas de proceso mayores de 15 minutos y 1200 paradas menores de 15 minutos, para un total de 1800 paradas. De ellas, el 53% correspondió solamente a causas atribuibles a variables operacionales y a carencia de caña en los equipos. En este ingenio se determinó que aumentando la capacidad de almacenamiento de materiales como jugo crudo, jugo encalado y jugo clarificado se podría llegar a producir una cantidad adicional de 6500 toneladas de azúcar por año, siempre y cuando la caña necesaria esté disponible.

En el mismo sentido, el conocimiento acerca del efecto del contenido microbiológico de los materiales de proceso en la fábrica de azúcar ha permitido ubicar como una fuente importante de pérdidas indeterminadas la formación de inóculos en tuberías, tanques e intercambiadores. Estos inóculos microbiológicos generan aumentos de la acidez volátil que a su vez representan consumos de sacarosa, la cual reacciona principalmente hacia la formación de ácido acético y ácido láctico. Es así como se determina que es necesario incentivar la adopción de prácticas de diseño inocuo de equipos en la fábrica de azúcar, tal y como ocurre en muchas plantas de alimentos.

Estudio exploratorio de nuevos productos

Los flavonoides han sido reconocidos y estudiados como compuestos de gran importancia por sus propiedades clínicas antioxidantes, antitrombóticas y antimicrobianas, así como por su función en la resistencia a patógenos y la asimilación de nutrientes en la caña de azúcar y otras especies vegetales. Por lo tanto, su evaluación como compuesto de valor agregado en la caña de azúcar, al igual que su rol en la nutrición vegetal y la defensa al ataque de patógenos, siguen siendo objeto de estudio en la agroindustria azucarera mundial.

Durante 2007 y con la cooperación de la Universidad del Valle, Cenicaña desarrolló una técnica analítica instrumental basada en espectrofotometría y cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para la determinación y la cuantificación de estos metabolitos en tejidos foliares de caña de azúcar, con la cual ha conseguido alta repetibilidad en los análisis. Los resultados de caracterización de los flavonoides presentes en la variedad CC 85-92 obtenidos hasta el momento muestran concentraciones que fluctúan entre 150 mg/100 g de tejido foliar y 300 mg/100 g.

Estandarización de la información de procesos

La necesidad constante de intercambiar experiencias y resultados operacionales entre los ingenios colombianos ha propiciado el establecimiento de sistemas químicos analíticos y el uso de herramientas de gestión de la información generada en los laboratorios y las fábricas. Con base en lo anterior, en 2007 se estableció un programa de seguimiento de los planes de acción adelantados en los ingenios,

programa desarrollado con el propósito de garantizar la vigencia del sistema de estandarización y su actualización. Durante el año se visitaron siete ingenios y se tiene previsto continuar las visitas a los seis ingenios restantes en el primer semestre de 2008. El seguimiento incluye la revisión de la aplicación de las metodologías analíticas, los sistemas de muestreo y los criterios metrológicos utilizados en las mediciones.

Como conclusiones principales de estas actividades se destacan las acciones tomadas por los ingenios para el acondicionamiento de los laboratorios y los sitios de muestreo y la operación de los sistemas establecidos para la conservación y el análisis de las muestras.

Otro avance importante del programa de estandarización fue la conformación del Grupo de Metrología, equipo de trabajo integrado por representantes de los ingenios y Cenicaña, con el objetivo de unificar criterios para el establecimiento y la homologación de metodologías de aseguramiento y confirmación metrológica de los instrumentos de medida, lo cual involucra la determinación de la trazabilidad y de la incertidumbre de la calibración. Vale señalar que estas actividades de estandarización de la información de procesos deben disminuir la incertidumbre que se presenta actualmente en los balances de materia y energía en las instalaciones fabriles, con lo cual se espera mejorar la calidad del control de la producción y la planeación.

Plataforma de servicios

Con cofinanciación de Colciencias se desarrolla el proyecto "Oferta de servicios tecnológicos para atender las necesidades de competitividad del sector azucarero colombiano", que en 2007 alcanzó un estadio en el cual se estabilizó el flujo de las demandas que pueden ser atendidas oportuna y satisfactoriamente con los recursos humanos vinculados al Programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña, incluyendo el apoyo de personal externo contratado en función de las solicitudes.

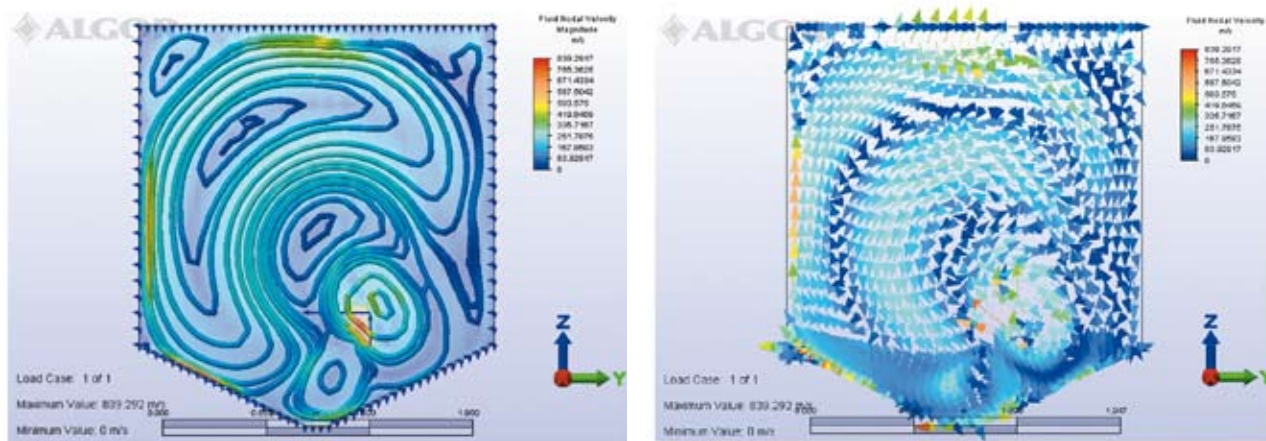
En términos generales, el trámite de un requerimiento de servicio comprende las tareas de recepción de la solicitud, su análisis, la formulación de actividades y los recursos requeridos, la elaboración del presupuesto detallado y general y la presentación de la propuesta de trabajo al demandante del servicio. Una vez se acepta la propuesta, de acuerdo con los términos de la misma Cenicaña inicia formalmente las actividades, que varían en complejidad y duración en función del tipo de requerimiento.

Durante 2007 se recibieron 46 solicitudes de nuevos servicios, el 91% de las cuales llegaron a término el mismo año con la presentación del informe final correspondiente; cuatro solicitudes estaban en desarrollo o en revisión de informes al finalizar diciembre. Se entregaron también los informes finales de dos trabajos solicitados el año anterior y que concluyeron en 2007. Los 14 ingenios donantes de Cenicaña solicitaron servicios y fueron atendidos durante la vigencia reportada.

Entre paréntesis se presenta el número de servicios técnicos atendidos según las áreas y procesos de intervención: preparación y molienda (15); calderas (5); modelamiento, mediciones, balances de masa y energía en plantas de azúcar (14); revisión de diseño de equipos y análisis de fallas (7); mediciones en plantas de etanol (3); gestión y manejo de residuos fabriles (2).

Con el fin de mostrar el tratamiento de un tema mediante un caso típico de los servicios solicitados, se expone el ejemplo siguiente:

Como consecuencia de un seguimiento microbiológico donde se determinó que la población microbiana de bacterias acidolácticas y levaduras en la materia prima (meladura) que llega a una planta de etanol carburante es eliminada cuando se lleva a 100 °C por 10 minutos, se realizó una propuesta para hacer una modificación al sistema de calentamiento en el tanque T-124 que recibe la materia prima de la planta y se elaboraron los modelos que se ilustran en la figura siguiente, utilizando la técnica de simulación computacional de fluidos (CFD, sigla en inglés) que permite determinar el grado de homogeneidad del fluido en el tanque.



**Propuestas de modificación del sistema de calentamiento en el tanque T-124.
Perfiles de velocidad calculados mediante la técnica CFD.**

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

Nuestra misión es proporcionar información y metodologías de análisis económico y estadístico para apoyar la toma de decisiones en investigación y producción, con el fin de contribuir al desarrollo tecnológico del sector azucarero y mejorar la eficiencia productiva, técnica y económica de los procesos agroindustriales.

Entre los logros destacados de 2007 se cuenta el desarrollo del modelo de análisis económico Renova, diseñado para ofrecer información de apoyo en la decisión de renovación del cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca; está disponible en línea para los usuarios del sitio web de Cenicaña y se viene utilizando para distintos análisis elaborados por el Centro.

En el proyecto de estandarización de costos se inició el comparativo de los costos de la producción de etanol con la definición de los procesos y los elementos de costos para calcular el valor unitario por litro de alcohol producido y la identificación de algunos indicadores de gestión. Participan los cinco ingenios que tienen producción dual de azúcar y etanol.

Como parte de las actividades permanentes, se analizaron los datos de la producción agroindustrial y se publicaron los respectivos informes, al tiempo que se mantuvo el intercambio de información en los grupos de estandarización de costos.

Modelos de análisis

Cenicaña aplica criterios estadísticos y económicos en el diseño y desarrollo de metodologías de procesamiento y análisis de datos para apoyar la toma de decisiones en investigación y producción, de acuerdo con los objetivos de la agroindustria. Se presenta a continuación el modelo Renova, que durante 2007 fue publicado en el sitio web de Cenicaña.

Renova: modelo económico para apoyar la decisión de renovación en cultivos de caña de azúcar

Este modelo se fundamenta en los principios de la teoría económica de reemplazo de activos y fue diseñado para apoyar la decisión de renovación de plantaciones de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Incluye funciones de ingresos, costos de producción e inversiones en renovación y entrega información probabilística acerca de los riesgos financieros y el período de recuperación de la inversión en diferentes escenarios.

Utilizando los registros por zona agroecológica disponibles en la base de datos de la producción de cada suerte desde 1990, el modelo estima los resultados productivos que se podrían esperar en términos de TCH y rendimiento en azúcar de acuerdo con la decisión. El usuario puede escoger para el análisis un escenario de distribución normal, triangular (pesimista, más probable y optimista) o uniforme (mínimo obtenible y máximo).



www.cenicana.org/aeps/renova.php

El informe económico indica cuál es la ganancia neta adicional que el productor puede obtener, en valor presente, comparada con la no renovación; se refiere al nuevo ciclo de cultivo y señala cuántos cortes se han de requerir para recuperar la inversión en adecuación del terreno, preparación y siembra, de acuerdo con la variedad que se escogió para la siembra.

El modelo fue desarrollado para consultas vía web y participaron en el proceso la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística de la Universidad del Valle, Cenicaña y los ingenios y cultivadores vinculados con los grupos de estandarización de costos de la industria azucarera colombiana.

Análisis de productividad y rentabilidad

En apoyo al mejoramiento de la eficiencia del sector azucarero, Cenicaña realiza actividades permanentes de análisis de la productividad y la rentabilidad con diferentes objetivos.

A continuación se presenta un análisis comparativo de la eficiencia productiva en el sector azucarero colombiano en 2006 y 2007, una estimación probabilística de las TCH mínimas requeridas para cubrir los costos de producción en la agroindustria y una evaluación económica de la rentabilidad de la inversión en Cenicaña en los 30 años de existencia del Centro, considerando los beneficios derivados del uso de las variedades CC 85-92 y CC 84-75 en el sector.

Comparación de la eficiencia productiva 2006-2007

El análisis se realizó utilizando el Sistema de Información para el Manejo de Caña Específico por Sitio (Simces), una metodología diseñada por Cenicaña para evaluar la eficiencia productiva y económica del cultivo de la caña de azúcar en un sitio específico y en un período determinado, que usa como referencia los resultados históricos obtenidos en sitios con características agroecológicas similares.

Para la clasificación de los sitios se aplica el concepto de grupos de suertes homogéneas, es decir, suertes con el mismo suelo dentro de una zona agroecológica. El análisis que se presenta en este informe fue realizado para los grupos de suertes

homogéneas conformados de acuerdo con la tercera aproximación de la zonificación agroecológica (Carbonel G., J., *et. al.*, 2001). Así, por ejemplo, las suertes con suelos Galpón (GL), que hacen parte de la zona agroecológica 6C1, forman el grupo homogéneo 6C1_GL. Para cada grupo de suertes homogéneas se definen tres niveles de productividad (bajo, medio y alto) conformados con base en el comportamiento histórico de TCH y rendimiento en el respectivo grupo.

Eficiencia global de la agroindustria

El análisis del desempeño global la agroindustria mostró que en 2007 disminuyó la eficiencia productiva con respecto a 2006. La proporción de suertes con productividad en el nivel alto pasó de 31.4% a 21.2%, una diferencia anual de 10.2 unidades porcentuales. Sin embargo, así como hubo ingenios con fuertes descensos de la eficiencia productiva, también hubo otros que conservaron la tendencia de 2006. En los ingenios ubicados en el sur de la región azucarera se registraron los mayores descensos, mientras que en algunos ingenios ubicados en el centro del Valle del Cauca la proporción de suertes con productividad alta fue similar en el comparativo anual. Esta disminución en la eficiencia productiva obedeció a los cambios observados en las edades de cosecha y el número de corte y al efecto de las condiciones de humedad presentes en las diferentes etapas del cultivo.

Para ilustrar mejor el efecto de los factores productivos, se tomaron como ejemplo dos grupos de suertes homogéneas con condiciones de suelo y clima que pueden considerarse contrastantes. En cada grupo se analizó la eficiencia productiva en 2006 y 2007 según la variedad de caña cosechada, la edad de corte, el número de corte y el efecto del clima, como se explicará más adelante en tanto se vayan presentando los resultados.

Análisis de los factores productivos en dos grupos de suertes homogéneas

Los grupos incluidos en el análisis presentan las siguientes características, de acuerdo con la tercera aproximación de la zonificación agroecológica:

- Grupo 6C1_GL: representativo del área central del valle del río Cauca, conformado por suelos Galpón (Mollisols) con pendientes inferiores a 1%, profundos, bien drenados y de alta fertilidad, ubicados en sitios donde las condiciones de humedad se consideran normales (sitios con exceso de humedad inferior a 200 mm/año y permeabilidad del suelo media a alta, así como sitios donde, a pesar de presentar déficit de humedad, en los periodos húmedos pueden ocurrir encharcamientos debido a la poca pendiente del terreno o a la permeabilidad baja del suelo).
- Grupo 9C3_PJa: representativo de las áreas del sur del valle, conformado por suelos Puerto Tejada (Inceptisols) con pendientes inferiores a 1%, superficiales, con grietas, pobremente drenados y de baja fertilidad, en sitios con condiciones de humedad media (sitios con exceso de humedad entre 400-600 mm/año y permeabilidad del suelo media a alta, así como sitios con exceso entre 200-400 mm/año y permeabilidad del suelo baja).

Variedades de caña de azúcar cosechadas

En general, el comportamiento de las variedades cosechadas en ambos grupos fue parecido al que se describe a continuación para las dos variedades principales.

El desempeño de la variedad CC 85-92 en el grupo homogéneo 6C1_GLa fue menor en 2007 debido a que la proporción de suertes en el nivel alto de productividad pasó de 36% a 26%, lo que representa una diferencia de 10 puntos porcentuales. En las suertes cosechadas con dicha variedad en el grupo 9C3_PJa se observó una disminución de 18 puntos porcentuales, dado que la proporción de suertes en el nivel alto pasó de 39% a 21%. La variedad CC 84-75 cosechada en ambos grupos homogéneos tuvo un comportamiento similar al descrito para CC 85-92 pero con una diferencia anual más marcada en cuanto al porcentaje de suertes en el nivel alto de productividad.

Los resultados señalan la importancia del efecto varietal en la disminución de la eficiencia productiva, más evidente en las zonas húmedas, como lo indica el comportamiento de las variedades en las suertes del grupo 9C3_PJa.

Edad de cosecha

El análisis mostró que las suertes cosechadas con edades de cultivo mayores o iguales a 13 meses se ubicaron en el nivel alto de productividad. En los dos grupos homogéneos analizados aumentó el área cosechada con edades de cultivo menores de 12 meses: en el grupo 6C1_GLa se cosecharon en 2006 el 16% de las suertes y en 2007 el 31%, mientras que en el grupo 9C3_PJa el cambio fue de 31% a 55%, respectivamente. El aumento del área cosechada con cañas menores de 12 meses de edad se reflejó en disminuciones de la productividad entre 2006 y 2007.

Número de corte

En el nivel alto de productividad fue mayor la frecuencia de suertes cosechadas con cultivos de primer corte (plantilla), lo cual se observó tanto en 2006 como en 2007 en los dos grupos homogéneos analizados. El área cosechada con cultivos de seis cortes o más (quinta soca en adelante) aumentó en 2007 con respecto al año anterior: en el grupo 6C1_GLa se cosecharon en 2006 el 34% de las suertes con número de corte igual o mayor de seis y en 2007 el 37%, mientras que en el grupo 9C3_PJa los cambios fueron más notables al aumentar de 24% a 42% la participación de suertes de quinto corte o superiores. Esta situación también ayuda a explicar la disminución en la eficiencia productiva observada en 2007.

Precipitación atmosférica en tres etapas del cultivo

La precipitación atmosférica se incorpora en el Simces como la variable de referencia para el análisis del efecto del clima y las condiciones meteorológicas en los resultados de productividad. Así, a partir de los datos de precipitación registrados desde 1993 en las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada se establecieron las condiciones climáticas para tres etapas del cultivo, como se muestra en el cuadro de la página siguiente. Para el análisis del efecto del clima en un período definido de observación, en este caso 2006-2007, los datos de precipitación de cada suerte corresponden a los registrados en la estación meteorológica automatizada de influencia en la suerte.

- **La precipitación en el mes de la cosecha anterior** puede ocasionar un efecto de reducción en el tonelaje del corte siguiente cuando aquella provoca excesos de humedad en el suelo que dificultan la operación de los equipos de cosecha y transporte, los cuales terminan por causar daños directos en las cepas de caña.

Cuando la cosecha anterior se realizó en condición *muy seca*, el análisis de las suertes cosechadas en 2007 en el grupo 6C1_GLa mostró que el 28% se ubicó en el nivel alto de productividad, mientras que en el grupo 9C3_PJa la proporción fue de 18%; con respecto a las cosechas realizadas en 2006, las cifras fueron 42% y 41%, respectivamente. De otra parte, el área que en el corte anterior fue cosechada en condiciones *semihúmeda* y *húmeda* aumentó en 2007, en razón del fenómeno de La Niña que se presentó en el segundo semestre de 2006 en el océano Pacífico tropical. Este hecho fue un factor adicional que contribuyó en la disminución anual de la productividad.

- **La precipitación durante los dos primeros meses de edad del cultivo actual** se relaciona con la oportunidad de las labores de cultivo. En las cosechas realizadas en 2006 y 2007 en los dos grupos homogéneos analizados, el porcentaje de suertes ubicadas en el nivel alto de productividad fue menor que en los otros dos niveles cuando el cultivo enfrentó una condición *seca* o una condición *muy húmeda* en los dos primeros meses de desarrollo; en el grupo homogéneo 9C3_PJa, las suertes en nivel alto fueron incluso más escasas. También se observó que en 2007 se cosechó un porcentaje mayor de suertes que tuvieron una condición *muy húmeda* en los primeros meses en comparación con el porcentaje cosechado en 2006; las diferencias fueron más marcadas en el grupo 9C3_PJa.
- **La precipitación durante los dos meses previos a la cosecha actual** se asocia con el contenido de materia extraña en la caña que se lleva a la fábrica y con el rendimiento en azúcar. En las cosechas realizadas en 2006 y 2007 en los dos grupos homogéneos analizados, el porcentaje de suertes ubicadas en el nivel alto de productividad fue mayor que en los otros dos niveles cuando la condición previa a la cosecha fue *muy seca* o cuando fue *semiseca*. En el grupo 9C3_PJa, el porcentaje de suertes ubicadas en el nivel bajo de productividad aumentó de forma apreciable, al pasar de 28% en 2006 a 80% en 2007.

Rangos de precipitación y sus equivalencias

Condición	Nivel de precipitación (mm) durante las etapas del cultivo		
	Mes de la cosecha anterior	Dos primeros meses de edad del cultivo actual	Dos meses previos a la cosecha actual
Muy seca	<= 50	-	<= 100
Seca	50 < prec. <= 90	<= 100	100 < prec. <= 180
Semiseca	90 < prec. <= 120	100 < prec. <= 160	180 < prec. <= 240
Semihúmeda	120 < prec. <= 150	160 < prec. <= 240	240 < prec. <= 300
Húmeda	> 150	> 240	> 300

Con base en los resultados anteriores, el descenso de la eficiencia productiva en 2007 en comparación con 2006 se puede relacionar con la disminución de la edad de corte y con el aumento del número de suertes en cortes superiores, suertes que en el corte anterior fueron cosechadas en condiciones húmedas y suertes cosechadas en 2007 también en condiciones húmedas.

Tonelaje requerido por hectárea para cubrir los costos de producción

Utilizando datos de producción del período 1990 a 2007 y costos estandarizados de campo a junio de 2007 se estimó el valor mínimo de TCH que se requiere para cubrir los costos de producción en el sector. Como supuestos para el análisis se definieron un costo de referencia equivalente al valor promedio de los costos de campo estandarizados, un contrato de 56 kilos de azúcar por tonelada de caña y un escenario de precios bajos del azúcar. Se encontró que producciones mayores de 72 toneladas de caña por hectárea cubren el costo promedio para la industria. Con base en la función de probabilidad estimada de ocurrencia de eventos de TCH, se observó que la probabilidad de obtener TCH mayores a 72 es de 0.93, es decir, el 93% de los eventos de producción presentaron valores mayores a 72 toneladas en los 17 años analizados.

Evaluación económica de Cenicaña

En 2002, al cumplirse 25 años de vida legal de Cenicaña, el Centro contrató con la Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo (Fedesarrollo) una evaluación económica para conocer cuál era la retribución para los donantes por su inversión en investigación y desarrollo tecnológico. Aunque la propuesta inicial incluía la evaluación de todos los proyectos del Centro, el análisis se hizo finalmente sólo con el Programa de Variedades que contaba con los datos suficientes para la evaluación. Las conclusiones del estudio indicaron que la inversión en Cenicaña tenía una tasa interna de retorno de 68.7% a precios corrientes y de 36% a precios constantes. El informe señaló que eran pocas las inversiones que podían dar ese nivel de rendimiento (Arbeláez, M.A., *et. al.*, 2002).

En 2007, cuando se cumplieron 30 años de la fundación de Cenicaña, se hizo un nuevo análisis en el que se contó la inversión del sector azucarero en 112 millones de dólares (a precios de 2007; tasa de cambio de \$1991/dólar, promedio de julio y agosto) y se estimó que los beneficios netos adicionales por el uso de las variedades CC 85-92 y CC 84-75 ascienden a 46 millones de dólares por año en comparación con el uso del resto de variedades.

Las conclusiones muestran que el sector azucarero requiere cuatro años para recuperar la inversión realizada en Cenicaña y además obtiene una rentabilidad exigida de 20% anual sobre dicha inversión. En una renovación de cinco cortes, aproximadamente, el valor presente neto del ingreso adicional neto alcanza los 25 millones de dólares, lo cual representa una tasa interna de retorno a precios constantes de 30% sobre la inversión. Se puede afirmar que dicha tasa es parecida en valor

absoluto a la encontrada en 2002 pero superior en valor relativo, al considerar que en los últimos cinco años las tasas de interés del mercado a las que se enfrentaron los proyectos de inversión habían disminuido, aunque hacia finales de 2007 presentaron aumentos importantes.

Servicio a usuarios

Cenicaña atiende los requerimientos de análisis económico y estadístico en investigación y producción, de acuerdo con las prioridades definidas en el sector azucarero.

Además de los servicios destacados a continuación, durante 2007 se realizó la evaluación económica del riego por goteo en una hacienda del sector que desarrolla proyectos cooperativos con Cenicaña (ver página 46) y se prestó asesoría a un ingenio en el diseño de métodos de muestreo para estimar el porcentaje de materia extraña.

También, se dio apoyo en la validación y calibración de metodologías utilizadas en el Laboratorio de Química de Cenicaña y se hicieron análisis sobre los resultados de producción de las variedades semicomerciales por zona agroecológica (tercera aproximación), la productividad en las zonas caracterizadas en la cuarta aproximación y la productividad de las variedades por zona agroecológica ajustada por edad y número de corte para generar curvas de isoproductividad.

Análisis de productividad y rentabilidad en un ingenio

Con datos del período 1990 a 2006 se realizó un análisis descriptivo de las variables de productividad de un ingenio y se determinó la evolución de las TCH y la edad de cosecha de las cinco variedades más cosechadas. El análisis mostró que el comportamiento del rendimiento en un año es bimodal, correspondiente a los meses de marzo y septiembre. Las TCH por variedad a lo largo de los años presentaron tendencias similares; los valores más altos se consiguieron con CC 85-92.

Se realizó un análisis de correspondencia múltiple para el período 2003 a 2006 en el que se consideraron los factores año, zona agroecológica, tenencia de la tierra, variedad cosechada, número de corte y productividad en términos de rendimiento, TCH, edad de corte y área cosechada, además de costos de producción, ingresos netos y márgenes operacionales. Para el ingenio en observación, se encontró que rendimientos menores de 11% están relacionados con TCH mayores de 145, de manera que los costos de cosecha y fábrica resultan altos mientras los ingresos netos y los márgenes operacionales son bajos. De otra parte, los ingresos y los márgenes operacionales más altos estuvieron asociados a rendimientos altos (mayores de 12.5%) y costos de cosecha y fábrica bajos en tierras arrendadas. Se observó que el rendimiento es fundamental para el logro de mayores ingresos porque se extrae más azúcar por tonelada de caña, con lo cual disminuyen los costos de producción.

Con la técnica de modelos lineales generalizados, el análisis de varianza indicó que por cada unidad porcentual de incremento en el rendimiento, el ingreso neto del ingenio se aumenta en el 77% de su ingreso neto promedio por tonelada de azúcar, lo que equivale a un incremento del 8.5% en el margen operacional promedio del ingenio.

Finalmente, utilizando modelos logísticos se examinaron las probabilidades que tiene el ingenio de ser rentable en diferentes escenarios de producción y se compararon los niveles de los factores en términos de las oportunidades. Se definió que *ser rentable* corresponde a los casos en que el margen operacional es mayor a 18%. Los análisis mostraron efectos significativos en la probabilidad de ser rentable para los factores tenencia y rendimiento. Algunos de los resultados muestran que en tierras propias la oportunidad de ser rentable para el ingenio es mayor que en tierras de terceros. Así mismo, la probabilidad de ser rentable cuando el ingenio presenta rendimientos altos es de 0.99 en tierras propias, 0.86 en arrendadas, 0.95 en participación y 0.79 en proveeduría.

Análisis estadístico multivariado aplicado al banco de germoplasma de Cenicaña

Utilizando métodos estadísticos multivariados, un total de 1174 clones del banco de germoplasma fueron ordenados en seis grupos con características similares de acuerdo con 25 variables cuantitativas y cuatro cualitativas. La calidad de sólidos solubles y el desarrollo inicial del cultivo fueron las variables que generaron las mayores diferencias entre los grupos que, así conformados, facilitan la selección de progenitores del programa de mejoramiento genético de Cenicaña para explorar combinaciones en ambientes específicos de acuerdo con las zonas agroecológicas identificadas para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca.

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Nuestra misión es promover la innovación tecnológica en el sector azucarero colombiano con el fin de incrementar la adopción de prácticas sostenibles en las unidades productivas, mediante la participación de los productores y los investigadores en la gestión de la comunicación, la transferencia de conocimiento y la validación de tecnología.

Las actividades de transferencia de tecnología estuvieron dedicadas al desarrollo de los programas acordados con la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en coordinación con los once ingenios participantes. Ocho cultivadores innovadores presentaron sus experiencias en nutrición y fertilización, diseño, adecuación y preparación, variedades promisorias, siembra y prácticas exitosas aplicadas al cultivo. Se realizaron siete talleres de inducción para la interpretación del estudio detallado de suelos y diez conferencias acerca del salivazo *A. varia*, su reconocimiento y las medidas de control, entre otros eventos.

En tres ingenios se concluyeron las entrevistas de seguimiento de la adopción de tecnología y la evaluación del impacto de las actividades de la Red GTT, completando así la información de seis ingenios que representan más del 50% del área sembrada en el sector. Se establecieron además dos nuevos experimentos de validación de tecnología para la evaluación de prácticas reducidas y prácticas agronómicas con el enfoque de agricultura específica por sitio, los cuales se desarrollan en cooperación con los ingenios Manuelita y Risaralda.

Durante el año se editaron materiales divulgativos impresos sobre distintos temas y se actualizó información en el sitio web que desde octubre tiene nuevo diseño.

Investigación de mercado

Con las actividades de investigación de mercado que realiza actualmente Cenicaña se busca conocer las necesidades de investigación y desarrollo tecnológico en el sector azucarero, el nivel de adopción de tecnología y la evolución del cambio técnico en las unidades productivas, así como el impacto de las estrategias de transferencia y comunicación en el proceso de innovación. Dicho conocimiento se determina por las percepciones y la información suministrada por la propia población objetivo, ingenios y cañicultores beneficiarios de las actividades de Cenicaña. Durante 2007 se dio continuidad a las actividades relacionadas, con la cooperación de los agricultores que participan en la Red GTT.

Seguimiento a la adopción y evaluación de impacto

La organización de la Red GTT comenzó en 2001 como un proyecto de transferencia de tecnología promovido por Cenicaña para establecer un programa de comunicación articulado con los ingenios y los proveedores de caña. El objetivo de la Red es impulsar la innovación tecnológica en las unidades productivas de caña de azúcar mediante actividades grupales de transferencia, en las cuales se intercambia información técnica y administrativa sobre las mejores prácticas con el enfoque de la agricultura específica por sitio.

El programa de comunicación incluye días de campo, mesas redondas y eventos de capacitación. Los temas y su prioridad son definidos por los participantes antes de comenzar las actividades, momento en el cual se elabora una caracterización de base para documentar los cambios en la adopción y el conocimiento técnico debidos al programa.

El seguimiento y la evaluación de impacto se efectúan luego de dos años. La metodología incluye la realización de entrevistas semiestructuradas con agricultores representativos de la población objetivo, identificados mediante un muestreo aleatorio simple. Para el análisis de la información se usan estadísticas descriptivas y multivariadas.

En 2007, la Red estaba conformada por GTT de once ingenios. De acuerdo con la fecha de iniciación del programa en cada uno, al finalizar el año se contaba con los informes de seguimiento de los ingenios Castilla Industrial, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia y Risaralda; estaban en proceso de análisis las entrevistas del Ingenio Riopaila Industrial y se había comenzado la tarea de consulta en Incauca. En los ingenios Carmelita, La Cabaña y Sancarlos aún no se había realizado el seguimiento.

Los informes publicados en 2007 corresponden al seguimiento y la evaluación con los GTT de los ingenios Mayagüez y Pichichí, donde el programa comenzó en agosto y diciembre de 2003, respectivamente. A continuación se presentan los resultados generales en ambos ingenios. Los documentos se encuentran disponibles en el sitio web de Cenicaña.

Las estadísticas descriptivas muestran lo siguiente:

- La satisfacción con el programa GTT fue de 98% en el caso de los proveedores de caña y de 100% en el caso de los profesionales responsables del manejo directo del cultivo en los ingenios (tierras propias, arrendadas y en cuentas en participación).
- Los temas que suscitaron mayor interés en los productores fueron manejo de aguas para riego y fertilización, en razón de la información novedosa y actualizada. Como sugerencia para mejorar el programa, proponen incluir temas de actualidad sobre el negocio azucarero.

- En relación con los conceptos aprendidos, los productores señalan que luego de los eventos de transferencia conocen lo que es una zona agroecológica, los componentes utilizados por Cenicaña para la zonificación y la importancia del estudio detallado de suelos para el manejo del cultivo.
- En manejo de aguas, aprendieron acerca de la importancia del balance hídrico para la programación de los riegos, la necesidad del control del riego para disminuir costos de producción, la importancia de la conducción cerrada, las características del drenaje superficial (proveedores) y del drenaje interno (profesionales de manejo directo).
- Para el manejo de residuos, destacaron el aprendizaje sobre la importancia del encalle oportuno y adecuado, la no requema y la distancia entre surcos.
- Respecto a la cosecha, los conceptos aprendidos se refieren a las características y condiciones de la cosecha mecanizada, la importancia del diseño de los campos y el convenio de producción limpia. Así mismo, indicaron que aumentó su conocimiento acerca de las nuevas opciones varietales; los profesionales de manejo directo del Ingenio Pichichí señalaron además que ahora tienen mejores criterios para decidir la variedad por sembrar de acuerdo con las zonas agroecológicas.
- En fertilización, los productores coincidieron en indicar que la importancia del análisis de suelos fue el principal conocimiento. Los profesionales de manejo directo del Ingenio Mayagüez señalaron haber mejorado su conocimiento acerca de la fertilización con el enfoque de agricultura específica por sitio y los criterios para aplicar elementos menores.
- Acerca de las plagas, los productores aprendieron cuáles son las principales y cuáles son las opciones de control biológico. Los profesionales de manejo directo de Mayagüez destacaron el aprendizaje sobre el manejo integral de *Diatraea*.
- También afirmaron haber aumentado los conocimientos sobre los objetivos de la aplicación de maduradores al cultivo, la importancia de aplicar el concepto de la agricultura específica por sitio en el diseño de los campos, su adecuación y la preparación del suelo, así como la importancia de la adecuación.

Con respecto a los cambios en la adopción de tecnología, el análisis muestra incrementos en el porcentaje de productores que adoptan (ver cuadro en la página siguiente), aunque todavía existe una brecha entre los niveles actuales y los techos potenciales de adopción de la mayoría de las tecnologías promovidas a través de los programas de la Red GTT. Ejemplo de ello es la baja adopción del balance hídrico para la programación de los riegos en las fincas de proveedores de caña, quienes no obstante reconocen la importancia del sistema y la necesidad del control del riego para disminuir los costos de producción. En las fincas con manejo directo de los ingenios Mayagüez y Pichichí, todos los jefes de zona entrevistados afirmaron que estaban utilizando el programa Balance Hídrico v.3.0 desarrollado por Cenicaña.

Porcentaje de proveedores de caña que adoptan nuevas tecnologías (%)

Tecnología	GTT Ingenio Mayagüez		GTT Ingenio Pichichí	
	2003	2005-2007	2003	2005-2007
Tubería con ventanas	12	46	32	49
Politubulares	0	12	0	4
Riego por surco alterno	11	58	37	67
Balance hídrico para programar riegos	7	17	7	18
Aporque	47	58	70	74
Distancia de 1.75 m entre surcos	12	65	4	29
Distancia de 12 m para bandereo (siembra)	42	54	7	11
Fertilización con nitrógeno en una sola aplicación (no fraccionamiento)	57	58	26	56
Drenaje superficial	51	59	63	90
Acceso a Internet	60	80	70	81

Para analizar las características que pueden estar influyendo en la decisión de adopción del balance hídrico, se utilizaron estadísticas multivariadas de correspondencia múltiple y conglomerados. Se observó que los adoptadores actuales de ambos ingenios comparten características como el tamaño de las fincas (>100 ha en Pichichí y >200 ha en Mayagüez), el nivel de educación superior de los productores, la educación secundaria y técnica de los mayordomos y el hecho de haber conocido el balance hídrico por información directa de un empleado de Cenicaña. Las características de los grupos identificados como no adoptadores o con aversión al riesgo fueron diferentes en cada ingenio.

Durante 2008 se hará el análisis consolidado de los informes de seguimiento y evaluación elaborados hasta la fecha, de manera que se contará con información para orientar las actividades de comunicación técnica y capacitación en el sector cañicultor. El estudio muestra además nuevas oportunidades de investigación aplicada y desarrollo tecnológico para atender las necesidades expresadas por los productores, quienes, en el caso de los seis ingenios evaluados, representan más de 100 mil hectáreas.

Actividades de la Red GTT

La Red GTT cuenta con la participación de 927 cañicultores que representan el 80% de los proveedores de caña de la industria azucarera, con 95 profesionales de los ingenios y 27 investigadores de Cenicaña. Entre los años 2001 y 2007 se han realizado 409 eventos, correspondientes a 274 días de campo, 79 conferencias, 51 talleres y cinco giras técnicas. Un total de 105 cañicultores han presentado sus experiencias con el uso de tecnología con el enfoque de la agricultura específica por sitio, haciendo énfasis en los aspectos técnicos, ambientales, económicos y de control de calidad. Según las estadísticas registradas por Cenicaña, la asistencia de los proveedores de caña ha sido de 53% por evento en promedio.



GTT Ingenio Mayagüez en visita a fábrica

En el último año se celebraron 39 eventos en los siguientes temas: interpretación del estudio detallado de suelos, variedades de caña, prácticas exitosas de cultivo, manejo de malezas, nutrición y fertilización, uso de vinaza en aplicaciones al suelo, reconocimiento del salivazo *Aenolamia varia*, su manejo y control, cosecha y materia extraña, proceso de molienda y elaboración de azúcar y etanol, herramientas informáticas y relaciones con la comunidad. Las memorias de los eventos se encuentran en el sitio web de Cenicaña.

Validación de Tecnología

Con el objetivo de impulsar el uso eficiente de tecnologías promisorias en la agroindustria, Cenicaña coordina proyectos de validación y demostración de las mismas en áreas de los ingenios azucareros.

Experimento de prácticas reducidas

Los resultados promisorios obtenidos en el experimento de prácticas reducidas establecido en 2005 en el Ingenio Providencia en un suelo Nima, Mollisols seco de la zona agroecológica 3C0, mostraron que, en esas condiciones, con algunos de los tratamientos de prácticas reducidas se incrementó la rentabilidad del cultivo sin disminuir la producción, tanto en plantilla como en soca. Se recomendó el desarrollo de experimentos similares en otras condiciones de suelo, de manera que en febrero de 2007 se estableció un nuevo experimento en la hacienda Santa Anita del Ingenio Manuelita, suelo Manuelita de la zona agroecológica 2C1.

Experimento de prácticas agronómicas con el enfoque AEPS

La validación de las prácticas de agricultura específica por sitio en diferentes zonas agroecológicas y la medición de su impacto económico en términos de reducción de costos y aumento en la rentabilidad se constituye en una herramienta para impulsar la innovación tecnológica en fincas de los ingenios y los cañicultores.

Con el criterio de seguimiento y evaluación del impacto en condiciones de producción comercial, se estableció en noviembre de 2007 en la hacienda El Cofre del Ingenio Risaralda, un experimento de validación de prácticas agronómicas con enfoque AEPS en un suelo Nuevo Pichichí. Las prácticas de AEPS fueron definidas por Cenicaña y las prácticas convencionales, por el Ingenio.

Administración del sitio web de Cenicaña

El sitio web de Cenicaña es un mecanismo integral de comunicación y transferencia de tecnología a través del cual se divulga la información técnica y científica que se genera en los procesos de investigación y desarrollo tecnológico en el sector azucarero nacional y mundial, y por medio del cual se ofrecen herramientas y metodologías para la gestión de información aplicada a las condiciones locales de producción, con una clara orientación

hacia el desarrollo de la agricultura específica por sitio en el valle del río Cauca. Para el efecto, Cenicaña actualiza continuamente los contenidos técnicos y desarrolla nuevas aplicaciones que le permiten al sector productivo de la caña de azúcar acceder a distintas fuentes de datos sistematizados y validados para apoyar la toma de decisiones en el corto y el mediano plazos.

De esta forma, el Centro contribuye a aumentar la velocidad y la confianza en los procesos de adopción de innovaciones técnicas y administrativas en las unidades productivas, al tiempo que promueve la construcción de una cultura de gestión de conocimiento y desarrollo endógeno en la región, reconocidos pilares del mejoramiento socioeconómico y su sostenibilidad en la economía de hoy.

En diciembre de 2007, un total de 421 personas vinculadas con las haciendas proveedoras de caña habían solicitado su clave de acceso al sistema de información en web, quienes representaban el 35% de las fincas de proveeduría. De las 695 personas que al finalizar el año tenían clave, 274 eran empleados de los ingenios y las instituciones del sector.

Visítenos en **www.cenicana.org**



Publicaciones impresas

Carta Trimestral

ISSN 0121-0327



v.29, no. 1, 36 p.



v.29, nos. 2 y 3, 44 p.

Serie Divulgativa

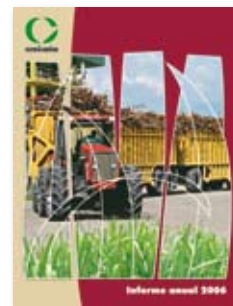
ISSN 0121-6457



No. 10, 8 p.

Informe Anual

ISSN 0120-5854



Informe anual 2006, 74 p.

Servicio de Tecnología Informática

Nuestra misión es definir y mantener operativa la infraestructura informática de Cenicaña mediante servicios técnicos y soluciones de hardware, software y bases de datos para apoyar los procesos de investigación y transferencia de conocimiento en el sector azucarero colombiano.

Se presentan en este informe los avances más relevantes de las actividades en tecnología informática, que en 2007 estuvieron relacionadas con el desarrollo de módulos y aplicaciones de sistemas de información con orientación web, herramientas de apoyo para el fortalecimiento de los servicios internos y externos del Centro.

Para garantizar la continuidad de la plataforma de tecnología informática, se realizaron actividades permanentes de administración de la base de datos institucional, las herramientas de software cliente-servidor y los sistemas de seguridad de información, así como la actualización tecnológica de equipos e infraestructura física y su mantenimiento preventivo.

Base de datos institucional

Con respecto a la administración de la base de datos de producción comercial, se establecieron acuerdos con los ingenios azucareros para adicionar en el informe mensual de las suertes los datos de sistema de cosecha (manual o mecánica), el tipo de cosecha (caña verde, quemada por programación o quemada por accidente) y la distancia en kilómetros hasta la fábrica. La base de datos contiene registros de producción comercial de las suertes de caña cosechadas desde 1990.

Como complemento de la información comercial, en la base de datos se comenzó a incluir el censo de las variedades sembradas en el valle del río Cauca, reportes entregados por los ingenios azucareros cada tres meses. Para ello se automatizó el proceso de transferencia de la información mediante el diseño y la implementación del formulario estandarizado *Censo de Variedades*, en el cual se registran por ingenio, hacienda y suerte, los datos de la variedad sembrada, el área, si corresponde a una renovación y la tenencia. El censo facilita el inventario de las variedades sembradas en un momento dado y el análisis de la tendencia de adopción de las variedades obtenidas por Cenicaña, entre otros usos.

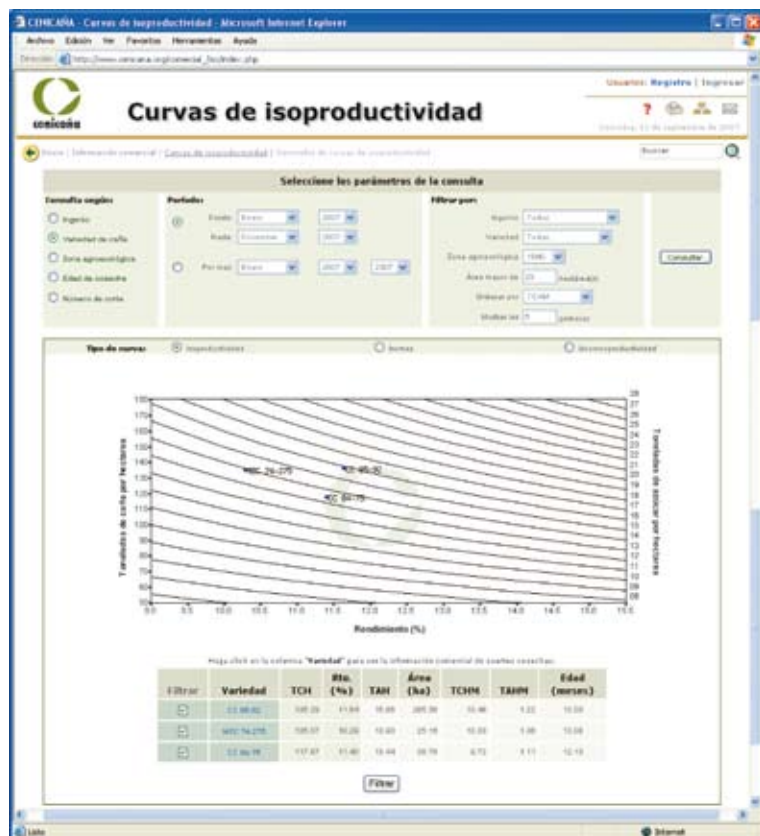
Aplicaciones para el sitio web

En 2007 se prestó el apoyo técnico requerido en tecnología informática para el desarrollo de módulos que facilitan la recepción y la consulta de información a través del sitio web Cenicaña, atendiendo las solicitudes formuladas por distintas áreas de trabajo del Centro y de acuerdo con los requerimientos de los usuarios y los administradores del sitio. Además del sistema de seguridad para la autenticación de los usuarios registrados en la extranet, se elaboraron los siguientes aplicativos.

- **Catálogo de biblioteca:** desarrollo de un nuevo sistema de búsquedas básicas y especializadas utilizando lenguaje común y operadores booleanos que permite la recuperación de términos por palabra clave, título, autor, año, editorial y fecha. Además, desarrollo del sistema de acceso al texto completo de los documentos disponibles en formato electrónico y del módulo para consulta de las publicaciones editadas por Cenicaña, directamente desde el catálogo.
- **Banco de preguntas frecuentes y consultorio tecnológico:** módulos para el registro de preguntas, la publicación de contenidos, su archivo y consulta.
- **Curvas de isoproductividad:** aplicativo para consulta de información comercial que ofrece resultados ordenados en curvas de isoproductividad,

isomes e isocronoproduktividad, así como las respectivas tablas de referencia y otros datos complementarios.

- **Sugerencias, quejas, reclamos y felicitaciones:** sistema para el registro de mensajes, envío de respuestas, archivo y consulta, con opciones para el ingreso de datos básicos de identificación y discriminación del tipo de mensaje. Hace parte de las herramientas de respuesta al cliente del sistema de gestión de la calidad de Cenicaña. Se pondrá al servicio en 2008.



Aplicaciones para la gestión interna y otros servicios

Se presentan a continuación los avances en los sistemas de información de los programas de investigación y la reseña de otras aplicaciones y servicios de apoyo en proyectos del Centro.

- **Sistema de información de variedades (Sivar):** para efectos de alimentar la base de datos del Sivar, en cooperación con el Programa de Variedades se revisaron y validaron los datos históricos correspondientes a la caracterización de variedades, los cruzamientos y los estados de selección que fueron registrados hasta el año 2001. Se estima que el proceso de recopilación de información de los años siguientes será más fácil de consolidar en vista de que ésta se encuentra en formatos digitales. Una vez se finalice la recuperación de datos históricos se realizarán pruebas de funcionamiento del aplicativo para luego conceptualizar y programar las interfaces de consulta de información de acuerdo con los requerimientos de los usuarios.
- **Sistema de información del Programa de Agronomía:** en el segundo semestre de 2007 se iniciaron las fases de análisis y diseño de la base de datos del Programa de Agronomía, con el propósito de normalizar un sistema de información para sistematizar los datos obtenidos en los procesos de investigación en nutrición y fertilización, maduradores, manejo de aguas, maquinaria agrícola y compactación del suelo. La implementación del sistema apoyará el análisis de información, la toma de decisiones y la generación de conocimiento.
- **Metrología:** sistema de información para el inventario de los equipos de laboratorio, la programación de fechas de mantenimiento y el seguimiento metrológico de los equipos que son objeto de calibración especial.
- **Tesauro:** sistema de registro y consulta de los términos empleados para representar los conceptos, temas o contenidos de los documentos del catálogo de la biblioteca. Se utiliza con fines de normalización terminológica.
- **Sistema de obtención de datos de cosecha:** se diseñó la interfaz para la transferencia vía GPRS de los datos del pesaje de caña obtenidos con una alzadora instrumentada con una celda de carga y un equipo GPS, sistema de obtención de datos de cosecha desarrollado por la Superintendencia de Cenicaña.

Servicio de Información y Documentación

Nuestra misión es mantener actualizado al sector azucarero en las metodologías y avances tecnológicos referentes al cultivo y procesamiento de la caña de azúcar, mediante el acceso a la documentación bibliográfica.

Cenicaña adquiere, procesa, almacena y facilita a los usuarios del sector azucarero información producida en Colombia y otros países, relacionada con el cultivo y el procesamiento de la caña de azúcar.



www.cenicaña.org/biblioteca/catalogo_online.php

Al finalizar 2007, el catálogo de la biblioteca contaba con 34,016 registros accesibles a través de Internet. El catálogo reemplazó desde mediados del último año la base de datos SNICA (Subsistema Nacional de Información en Ciencias Agropecuarias); ofrece búsquedas básicas y especializadas utilizando lenguaje común y operadores booleanos y facilita la recuperación de términos por palabra clave, título, autor, año, editorial y fecha. Desde el mismo catálogo, los usuarios de la extranet del Centro tienen acceso al texto completo de más de 400 documentos producidos por la institución en los últimos años.

Los procesos de la biblioteca se están automatizando con el fin de agilizar los servicios y tener mayor control de las actividades realizadas. Durante 2007 se trabajó en los módulos de préstamos, adquisiciones y revistas del software SIABUC y se cuenta con el préstamo automatizado de libros y revistas utilizando código de barras.

En cuanto a recursos de información se destaca la adquisición de la base de datos AGORA (acceso en línea a la investigación mundial en el sector agrícola), creada y administrada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), junto con importantes editoriales. Esta base de datos facilita el acceso a colecciones bibliográficas digitales en los campos de la alimentación, la agricultura y las ciencias. Ofrece la consulta de más de mil publicaciones a instituciones en 107 países; algunas de las publicaciones son: Nature, Nature Biotechnology, Fitopatología Brasileira y Plant Physiology entre muchas otras de prestigiosas editoriales científicas. Además, Cenicaña tiene suscripción a reconocidas revistas científicas en formato digital.

La cooperación con otras entidades en el nivel nacional se dedicó a la constitución de la Red de Información en Ciencia y Tecnología Agropecuaria, en la cual Cenicaña participa como miembro de la mesa de trabajo junto con las unidades de información del Ministerio de Agricultura, la Universidad Nacional de Colombia, la Asociación de Bananeros de Colombia, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. La Red cuenta con el apoyo de la FAO y el Ministerio de Agricultura y busca que las unidades de información del sector agropecuario en Colombia se reagrupen para conseguir mayor acceso

a la información necesaria para los usuarios y aprovechar de manera eficiente los recursos de información disponibles en el país en los temas agropecuarios.

También con fines de cooperación, Cenicaña intercambia información a través del canje de publicaciones con universidades y centros de investigación de Colombia y el mundo.

Otros servicios incluyen la consulta en sala de lectura, que en 2007 presentó un aumento de 17% con respecto al año anterior. De los 3089 usuarios atendidos, el 35% fueron personas vinculadas con Cenicaña y el 65%, usuarios externos entre personal de ingenios, haciendas cultivadoras de caña, universidades y comunidad en general. Durante el año se enviaron 76 documentos electrónicos a los usuarios del sector azucarero colombiano. Medio ambiente, calentamiento global, recursos genéticos, fotosíntesis en caña de azúcar, caña transgénica, biomasa y auditorías energéticas, fueron los temas más solicitados.

Estadísticas de biblioteca, 2007

Adquisiciones	
Documentos recibidos	983
Colección caña	370
Colección general	98
Revistas	504
Otras colecciones	11
Registro	
Colección caña	
Base de datos caña	504
Total general	29,692
Colección general	
Base de datos libros	139
Total general	4324
Hemeroteca	
Publicaciones periódicas	8
Total general	684
Análisis	
Revistas registradas	504
Analíticas de revistas	227
Fichas elaboradas	445

Laboratorios de análisis

Laboratorio de Fitopatología

En el servicio de diagnóstico de enfermedades para la determinación de incidencia de raquitismo de la soca (RSD), escaldadura de la hoja (LSD) y virus de la hoja amarilla (SCYLV), durante 2007 se evaluaron en total 2,512 muestras: 912 remitidas por el ICA y procedentes de la región panelera de Antioquia y 1600 muestras enviadas por los ingenios azucareros y los proveedores de caña del valle del río Cauca. El promedio de incidencia de las enfermedades en las muestras provenientes de la región azucarera fue de 0% para RSD, 0.3% para LSD y 7.5% para SCYLV. La variedad CC 85-92 presentó una incidencia promedio de 3.2% para SCYLV y 0.5% para LSD. La variedad CC 84-75, 26.6% para SCYLV y 0.2% para LSD.

Laboratorio de Química

Se efectuaron 27,823 análisis de muestras remitidas por los programas y servicios de Cenicaña, ingenios y cultivadores, así: 23,451 muestras de caña, 1793 muestras de suelo para análisis químico y físico, 973 muestras de tejido foliar y 1606 muestras de distintos materiales para análisis especiales de azúcares reductores, polisacáridos, fenoles, dextranas, almidones, amino-nitrogenados, fosfatos, HPLC y materia extraña.

Superintendencia de la Estación Experimental

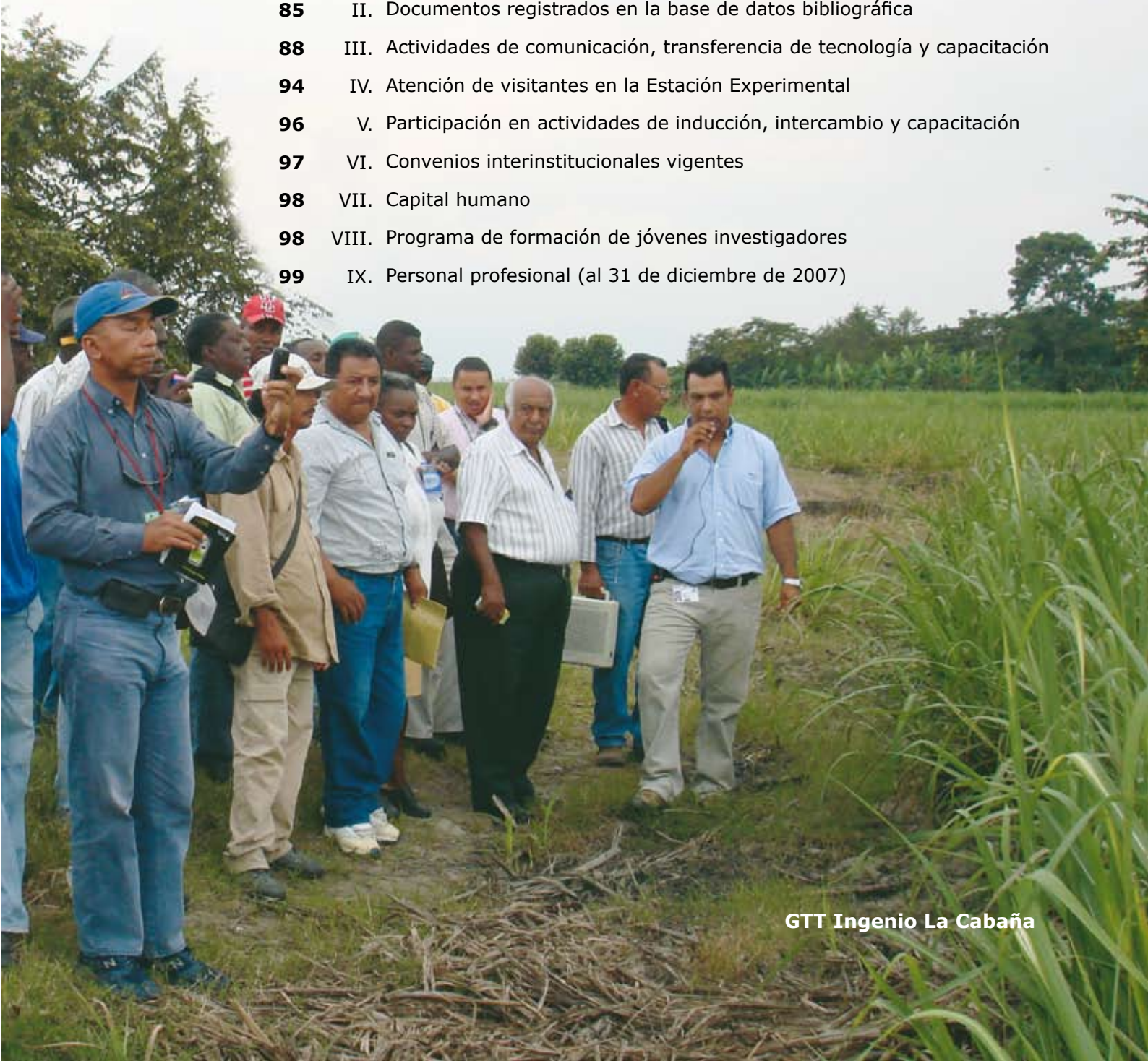
La Superintendencia presta el apoyo logístico con personal y equipos para el normal desarrollo de los experimentos que hacen parte de los proyectos de investigación de Cenicaña, tanto en la Estación Experimental como en predios de los ingenios y los cultivadores de caña; de igual forma apoya las actividades de transferencia de tecnología.

Simultáneamente desarrolla proyectos de geomática y presta servicios relacionados con el uso de las herramientas tecnológicas disponibles para el aprovechamiento de la información geográfica en las actividades agrícolas. Administra la Red Meteorológica Automatizada y la Red de Monitoreo de Material Particulado PM-10, opera las estaciones y las mantiene en funcionamiento, analiza la información y suministra permanentemente a los usuarios del sector los reportes correspondientes.

Como parte de los servicios administrativos, dispone el personal para el mantenimiento de la infraestructura de campo e invernaderos en la Estación Experimental, la conservación de jardines y zonas verdes.

Anexo

- 82** I. Descripción de los suelos y sus condiciones de humedad de acuerdo con las agrupaciones utilizadas en la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca
- 85** II. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica
- 88** III. Actividades de comunicación, transferencia de tecnología y capacitación
- 94** IV. Atención de visitantes en la Estación Experimental
- 96** V. Participación en actividades de inducción, intercambio y capacitación
- 97** VI. Convenios interinstitucionales vigentes
- 98** VII. Capital humano
- 98** VIII. Programa de formación de jóvenes investigadores
- 99** IX. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2007)



I. Descripción de los suelos y sus condiciones de humedad de acuerdo con las agrupaciones utilizadas en la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca

Grupos Homogéneos de Suelos

Grupo de suelos (No.)	Órdenes (número de suelos o consociaciones)	Características principales
1	Vertisols (3), Mollisols (1), Inceptisols (1), Ultisols (1).	Suelos de textura muy fina, secos, profundos o moderadamente profundos, agrietados al secarse, ubicados principalmente en el cuerpo y pie de abanicos. El suelo Ultisols está en plano de terraza. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.
2	Alfisols (2), Mollisols (1), Ultisols (1).	Suelos de textura muy fina, secos, profundos y moderadamente profundos con grietas en épocas secas, ubicados entre el pie y el ápice de abanicos. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.
3	Inceptisols (4), Mollisols (1), Vertisols (1).	Suelos de textura muy fina, húmedos, profundos y moderadamente profundos, ubicados en cuerpo y pie de abanicos aluviales y planos de terraza. Limitados por poca profundidad efectiva y escasez de macroporos.
4	Alfisols (1), Inceptisols (1).	Suelos de textura muy fina, húmedos, superficiales, ubicados en el pie de abanicos y planos de terraza. Limitados por poca profundidad efectiva y escasez de macroporos y encharcamientos en época lluviosa.
5	Vertisols (6), Inceptisols (4), Alfisols (1).	Suelos de textura muy fina, ácuicos, superficiales, ubicados en cuerpo y pie de abanicos, cubetas de desborde y planos de terraza que se encharcan en épocas lluviosas.
6	Mollisols (8), Inceptisols (6), Vertisols (5).	Suelos de textura fina, secos, profundos y moderadamente profundos que se agrietan al secarse, ubicados en el cuerpo y pie de abanicos, planos de terraza y llanuras de desborde. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.
7	Alfisols (3), Mollisols (2), Ultisols (2), Entisols (1), Inceptisols (1), Vertisols (1).	Suelos de textura fina, secos, superficiales, con capas arcillosas compactas subsuperficiales, agrietados al secarse y están ubicados en el ápice, cuerpo y pie de abanicos y terrazas. Limitados por poca profundidad efectiva y escasez de macroporos y permeabilidad lenta.
8	Inceptisols (7), Vertisols (3), Mollisols (1).	Suelos de textura fina, húmedos, profundos o moderadamente profundos, ubicados en el cuerpo y pie de abanicos, cubetas de desborde y planos de terrazas. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.
9	Alfisols (3), Mollisols (1), Inceptisols (1).	Suelos de textura fina, húmedos, superficiales, con presencia de horizontes subsuperficiales de acumulación de arcilla y ubicados en el cuerpo y pie de abanicos y planos de terraza. Limitados por escasa profundidad y permeabilidad baja.
10	Inceptisols (5), Vertisols (3), Mollisols (1), Alfisols (1).	Suelos de textura fina, ácuicos, superficiales, muy pobremente drenados y ubicados en cuerpo y pie de abanicos y en cubetas de desborde. Limitados por niveles freáticos superficiales y drenaje interno. Limitados por escasa profundidad y encharcamientos en época lluviosa.
11	Mollisols (18), Inceptisols (6), Vertisols (2), Entisols (2), Alfisols (1).	Suelos de texturas franca fina y franca fina sobre arcillosa, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o moderadamente drenados y ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos y en napas de desborde de la llanura aluvial.
12	Histosols (1), Mollisols (1).	Suelos de texturas franca y franca fina, secos, superficiales y ubicados en napas de desborde y en cuerpo de abanicos. Tienden a ser ácuicos por niveles freáticos superficiales. Limitados por escasa profundidad y encharcamientos periódicos.
13	Inceptisols (3), Mollisols (1).	Suelos de textura franca fina, húmedos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados, ubicados en napas de desborde y planos de terraza.
14	Inceptisols (2), Mollisols (1), Vertisols (1).	Suelos de textura franca fina, ácuicos, superficiales, ubicados en cuerpo y pie de abanicos, cubetas de desborde y terrazas. Limitados por pobre drenaje interno, nivel freático superficial y encharcamientos en épocas lluviosas.
15	Mollisols (8), Inceptisols (4), Vertisols (1).	Suelos de textura limosa fina principalmente, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados y ubicados en cuerpo de abanicos y en napas de explayamiento y de desborde. Limitados por permeabilidad mediana a lenta.
16	Inceptisols (1)	Suelos de textura limosa fina, húmedos tendiendo a ácuicos, moderadamente profundos, pobremente drenados y ubicados en napas de desborde. Limitados por encharcamientos periódicos y acidez alta.

Continúa

Grupo de suelos (No.)	Órdenes (número de suelos o consociaciones)	Características principales
17	Inceptisols (2), Mollisols (2).	Suelos de texturas limosa fina y franca gruesa sobre arcillosa, ácuicos, superficiales, muy pobremente drenados, ubicados en el pie de abanicos y cubetas y napas de desborde. Limitados por escasa profundidad y encharcamientos en época lluviosa.
18	Inceptisols (6), Mollisols (6), Entisols (1).	Suelos de textura franca gruesa, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados y ubicados en albardones, explayamientos de desborde y cuerpo y pie de abanicos. Limitados por permeabilidad lenta.
19	Entisols (2).	Suelos de textura franca gruesa, secos, superficiales, ubicados en cauces abandonados y llanuras de desborde del río Cauca y tributarios. Limitados por permeabilidad lenta.
20	Mollisols (2), Inceptisols (1).	Suelos de textura franca gruesa, ácuicos, superficiales y ubicados en cauces abandonados y napas de desborde. Limitados por escasa profundidad y encharcamientos en época lluviosa.
21	Mollisols (5), Inceptisols (2), Entisols (1).	Suelos de texturas arenosa, franca gruesa sobre arenosa, esquelética franca o arenosa sobre arcillosa, secos, profundos y moderadamente profundos, ubicados en napas de desborde y albardones. Limitados por baja retención de humedad.
22	Mollisols (5), Entisols (4), Inceptisols (2).	Suelos de texturas esquelética franca, esquelética arenosa, arenosa sobre franca o esquelética franca sobre arcillosa, secos, superficiales, bien drenados, ubicados en napas de desborde, ápice y cuerpo de abanicos, albardones y cauces abandonados. Limitados por escasa profundidad y fragmentos rocosos.
23	Mollisols (3), Inceptisols (4), Vertisols (3).	Suelos de texturas arcillosas sobre franca y arcillosa sobre arenosa, secos, profundos o moderadamente profundos y ubicados en cuerpos y pie de abanicos y napas de desborde. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.
24	Mollisols (1).	Suelos de textura arcillosa sobre franca, secos, superficiales, moderadamente drenados y ubicados en el cuerpo de abanicos. Limitados por escasa profundidad y escasez de macroporos en la superficie.
25	Inceptisols (2), Vertisols (1).	Suelos de textura arcillosa sobre franca, ácuicos, superficiales, muy pobremente drenados y ubicados en cubetas de desborde y cuerpo de abanicos. Limitados por niveles freáticos superficiales y drenaje interno.
26	Inceptisols (2), Mollisols (1), Vertisols (1).	Suelos de texturas arcillosa sobre esquelética arcillosa, arcillosa sobre esquelética franca o arcillosa sobre esquelética, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o moderadamente drenados, ubicados en cuerpo y ápice de abanicos aluviales. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.
27	Mollisols (2), Ultisols (1).	Suelos de textura arcillosa sobre esquelética arcillosa, secos, superficiales, con capas arcillosas compactas subsuperficiales, agrietados al secarse y están ubicados en el ápice de abanicos aluviales y planos de terraza. Limitados por escasa profundidad y permeabilidad lenta.
28	Alfisols (1).	Suelos de textura arcillosa sobre esquelética arcillosa, húmedo, superficial, ubicados en planos de terraza. Limitados por la presencia de capas arcillosas compactas subsuperficiales y pedregosidad.
29	Mollisols (4).	Suelos de texturas esquelética arcillosa, esquelética arcillosa sobre esquelética franca, esquelética arcillosa sobre esquelética arenosa, secos, superficiales, bien drenados y ubicados en cuerpo y ápice de abanicos y explayamientos de desborde. Limitados por abundante presencia de fragmentos rocosos.
30	Mollisols (13), Inceptisols (4).	Suelos de texturas franca fina sobre arenosa, franca fina sobre esquelética arenosa, franca fina sobre esquelética franca o franca fina sobre fragmental, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados y ubicados en el ápice y cuerpo de abanicos aluviales y napas de desborde. Limitados por presencia de fragmentos rocosos subsuperficiales.
31	Mollisols (3), Entisols (1).	Suelos de texturas franca fina sobre esquelética arenosa, franca fina sobre esquelética franca o franca fina sobre fragmental, secos y superficiales, bien drenados, ubicados en el ápice y cuerpo de abanicos aluviales, albardones, vallecitos y cauces abandonados. Limitados por fragmentos rocosos subsuperficiales.
32	Mollisols (4).	Suelos de texturas franca gruesa sobre arcillosa o franca gruesa sobre limosa, secos, moderadamente profundos, bien drenados y ubicados en napas de desborde y cuerpo y pie de abanicos aluviales. Limitados por permeabilidad subsuperficial lenta.
33	Mollisols (5), Entisols (1).	Suelos de texturas franca gruesa sobre esquelética franca, franca gruesa sobre esquelética arenosa, franca gruesa sobre fragmental o fragmental, secos, moderadamente profundos, excesivamente drenados y ubicados en cuerpo y ápice de abanicos aluviales, lechos colmatados y napas de desborde. Limitados por abundante presencia de fragmentos rocosos y retención de humedad baja.

Grupos de Humedad

Grupo de humedad	Características principales
H0 Déficit de humedad	Corresponde a zonas con déficit de humedad y permeabilidad del suelo de media a alta, donde con frecuencia hay presencia de sales. Es necesario evitar los niveles freáticos superficiales por los riesgos de salinización de estos suelos. La instalación de drenaje subterráneo puede estar ligada a la recuperación de suelos salinos y/o sódicos.
H1 Humedad normal	En este grupo se incluyen las áreas con exceso de humedad inferior a 200 mm/año y permeabilidad del suelo media a alta, así como aquellas áreas en donde, a pesar de presentar déficit de humedad, pueden ocurrir encharcamientos debido a la poca pendiente del terreno o por tener suelos de permeabilidad baja. En este grupo son convenientes la nivelación y el aporque.
H2 Humedad baja	Áreas con exceso de humedad entre 200 mm/año y 400 mm/año y suelos con permeabilidad media a alta; así mismo, incluye áreas con nivel bajo de excesos (menor de 200 mm/año) y suelos de permeabilidad baja. Es conveniente el aporque, contar con campos bien nivelados y un sistema adecuado de canales de drenaje.
H3 Humedad media	Este grupo incluye áreas con exceso de humedad entre 400 mm/año y 600 mm/año y suelos de permeabilidad media a alta y áreas con un exceso entre 200 mm/año y 400 mm/año con suelos de permeabilidad baja. Es conveniente la nivelación de precisión, usar canales colectores profundos para evacuar excesos de agua de escorrentía, instalar drenajes entubados en casos necesarios y trazar drenes topos en los suelos de permeabilidad baja. Además, es conveniente una dosis adicional de nitrógeno de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo y el estado del cultivo, aporque alto y siembra de variedades que toleren la humedad.
H4 Humedad alta	Incluye áreas con exceso de humedad superior a 600 mm/año con suelos de permeabilidad alta y también áreas con excesos entre 400 mm/año y 600 mm/año en donde predominan los suelos arcillosos de permeabilidad baja y relieve plano. En estos sitios es deseable la nivelación de precisión, surcos cortos (menores de 120 m de longitud), sistema de drenaje entubado combinado con drenaje topo, canales colectores abiertos y profundos y el uso de sistema de bombeo de aguas de drenaje en sitios con limitaciones para su evacuación por gravedad. También es conveniente el aporque alto, la siembra en el lomo de los surcos, siembra de variedades que toleren la humedad, aplicación suplementaria de nitrógeno de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo y el estado del cultivo; la cosecha debe realizarse sólo en periodos secos.
H5 Humedad muy alta	Áreas con exceso de humedad superior a 600 mm/año en donde predominan los suelos arcillosos con permeabilidad baja a media y relieve plano. En este grupo es aún más conveniente la nivelación de precisión, surcos cortos (menores de 120 m de longitud). Es aconsejable un sistema de canales abiertos para el drenaje subterráneo combinados con drenajes topo. También se deben usar sistemas de canales colectores profundos, estaciones para el bombeo de aguas de drenaje interno y superficial en sitios con limitaciones para la evacuación por gravedad. Se justifica además el aporque alto, la siembra en el lomo de los surcos, siembra de variedades que toleren la humedad, aplicación suplementaria de nitrógeno de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo y el estado del cultivo. La cosecha debe ser manual y sólo en los periodos secos.

II. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica

Las referencias que se listan a continuación corresponden a los documentos elaborados por el personal de Cenicaña como parte de sus actividades en la institución y que fueron registrados en la base de datos bibliográfica durante 2007. Los documentos en texto completo pueden ser consultados en la extranet del Centro, en la sala de lectura de la Biblioteca Guillermo Ramos Núñez ubicada en la Estación Experimental de Cenicaña o mediante la solicitud de envío de fotocopias o archivo electrónico.

Agricultura específica por sitio

Gómez Enríquez, A.; Cruz Valderrama, R.; Torres, J.S.; Londoño, J.D. y Campo, A. 2007. Informe final. **Macroproyecto de agricultura específica por sitio. Afinamiento y validación de los grupos de humedad.** Contrato Colciencias-Cenicaña. Código: 2214-07-174-09. Cenicaña, Cali, Colombia. 120p.

Isaacs Echeverry, C.H.; Carbonell González, J.; Amaya Estévez, A.; Torres, J.S.; Victoria Kafure, J.I.; Quintero Durán, R.; Palma Zamora, A.E. y Cock, J.H. 2007. **Site specific agriculture and productivity in the colombian sugar industry.** p. 339-350. En: Congress of the International Society of Sugar cane Technologists, 26. Proceedings. Durban. Sudáfrica. 30 jul.-2 ago., 2007. ISSCT; SASTA, Durban, Sudáfrica.

Estadísticas de producción y análisis económico

Palma Zamora, A.E.; Calero Salazar, L. y Cortés Betancourt, E. 2007. **Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca durante 2006.** Carta Trimestral. 29, 1 (Ene.-mar.): 31-40.

Palma Zamora, A.E.; Calero Salazar, L.; Cortés Betancourt, E. 2007. **Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca entre enero y marzo de 2007.** Cenicaña, Cali, Colombia. 12p. (Documento de Trabajo, no.617)

Palma Zamora, A.E.; Calero Salazar, L. y Cortés Betancourt, E. 2007. **Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca entre enero y agosto de 2007.** Cenicaña, Cali, Colombia. 14p. (Documento de Trabajo, no.618)

Posada Contreras, C. 2007. **Modelo económico para apoyar la decisión de renovación en cultivos de caña de azúcar.** Carta Trimestral. 29, 2-3. (Abr.-sep.): 5.

Biotecnología

Ángel Sánchez, F. y Bonilla B., M.L. 2007. **Transformación genética de la caña de azúcar (híbridos de *Saccharum* spp.) usando *Agrobacterium tumefaciens*.** Carta Trimestral. 29, 1. (Ene.-mar.): 3.

Bonilla Betancourt, M.L. 2007. **Embrionénesis somática y expresión transitoria del gen GUS como fase previa en el desarrollo de una metodología de transformación genética en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) mediante *Agrobacterium tumefaciens*.** Tesis Magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. 178p.

Cadena Goyes, P. 2007. Informe de Avance. Joven Investigador. Convenio Colciencias-Cenicaña. **Caracterización morfológica y molecular de especies de *Diatraea* spp.** Código 104-2006. Cenicaña, Cali, Colombia. 16p.

Cardona Giraldo, L.M. 2007. Informe de Avance. Convenio Joven Investigador Colciencias-Cenicaña. **Estudio de la variabilidad de la roya (*Puccinia melanocephala*) presente en cultivos de caña de azúcar por medio de técnicas moleculares.** Código 104-2006. Cenicaña, Cali, Colombia. 14p.

Espinosa, K.; Victoria Kafure, J.I.; Ángel Sánchez, F. 2007. **Identificación molecular de variedades de caña de azúcar.** Carta Trimestral. 29, 2-3. (Abr.-sep.): 8.

Climatología y meteorología

Cortés Betancourt, E. 2007. **Boletín climatológico: cuarto trimestre, segundo semestre y año 2006.** Carta Trimestral. 29, 1. (Ene.-mar.): 41-43.

Cortés Betancourt, E. 2007. **Red de monitoreo de material particulado PM-10 en las áreas sembradas con caña de azúcar en el valle del río Cauca.** Carta Trimestral. 29, 2-3. (Abr.-sep.): 31-32.

Lesmes Vesga, R. 2007. **Informe final del contrato pasantía. Incidencia de eventos climáticos de macroescla (escala planetaria) sobre las condiciones climáticas en el valle del río Cauca.** Cenicaña, Cali, Colombia. 118p.

Control de operaciones

Cobo, D.F. y Erazo Mesa, V. 2007. **Verificación de mediciones de flujo en plantas de alcohol carburante utilizando tecnología de ultrasonido.** Carta Trimestral. 29,1 (Ene.-mar.): 4-5.

Coproductos y derivados

García Ocampo, J.J. 2006. **Obtención de glucosa vía hidrólisis ácida a partir de materiales ligno-celulósicos de caña de azúcar.** Tesis. Químico. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Programa Académico de Química. Cali, Colombia. 51p.

García Ocampo, J.J.; Larrahondo, J.E. 2006. **Hidrólisis ácida y producción de glucosa a partir de residuos de caña de azúcar.** Cenicaña, Cali, Colombia. 11p. (Documento de Trabajo, no.590)

Saska, M. y Gil Zapata, N. 2006. **Some observations on feasibility of recovering aconitic acid from low purity sugarcane liquors.** International Sugar Journal. 108, 1288. (Apr.): 203-208.

Energía

Cañón, C.F.; Gómez, A.L. y Castillo Monroy, E.F. 2007. **Mejoramiento de la eficiencia energética en ingenios azucareros.** Carta Trimestral. 29, 2-3. (Abr.-sep.): 22-26.

Geomática

Carbonell González, J.; Bastidas-Obando, E. y Murillo S., P.J. 2007. **Caracterización radiométrica de los suelos y del cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca.** Informe final. Contrato no.1969 Unión Europea-Cenicaña. Cenicaña, Cali, Colombia. 224p.

Murillo Sandoval, P.J.; Carbonell González, J.; Osorio, C.A. y Bastidas Obando, E. 2007. **Discrimination of sugarcane varieties CC 85-92 and CC 84-75 using landsat 7 etm+ satellite imagery (Poster).** p. 177-180. En: Congress of the International Society of Sugar cane Technologists, 26. Proceedings. Durban. Sudáfrica. 30 jul.-2 ago., 2007. ISSCT; SASTA, Durban, Sudáfrica.

Ramírez Franco, J.M. 2007. **Hacia la agricultura de precisión: mapas de producción de caña de azúcar mediante un sistema de pesaje automatizado instalado en una alzadora de caña.** Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Manizales, Colombia. 71p.

Informes de gestión

- Amaya Estévez, A. 2007. **Informe de gestión del Director General. A diciembre 31 de 2006.** Cenicaña, Cali, Colombia. 23p. (Documento de Trabajo, no. 608)
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2007. **Informe anual 2006.** Cenicaña, Cali, Colombia. 73p.
- Gómez, A.L. 2007. **Oferta de servicios tecnológicos para atender las necesidades de competitividad del sector azucarero colombiano.** Tercer informe técnico. Contrato Colciencias-Cenicaña. Código 2214-07-18344. Cenicaña, Cali, Colombia. 79p.

Procesos fabriles

- Calero Salazar, D.; Barrientos Avendaño, D.; Caicedo Rodríguez, V.; Fernández, C.A. 2006. **Ingenio Risaralda. Auditorías al sistema de estandarización de procedimientos analíticos y muestreo en los ingenios azucareros colombianos.** Contrato Colciencias-Cenicaña. Código 2214-07-17143. Contrato 395-2004. Cenicaña, Cali, Colombia. 135p.
- (Nota: referencias de los mismos autores y el mismo tema y contrato, también fechadas en 2006, fueron registradas así: **Ingenio Central Castilla**, 105p.; **Ingenio Riopaila**, 149p.; **Ingenio Central Tumaco**, 74p.; **Ingenio Incauca**, 97p.; **Ingenio María Luisa**, 149p.; **Ingenio Mayagüez**, 140p.; **Ingenio Providencia**, 139p.; **Ingenio Carmelita**, 89p.; **Ingenio Sancarlos**, 149p.; **Ingenio Pichichí**, 149p.; **Ingenio Manuelita**, 121p.; **Ingenio La Cabaña**, 174p.)
- Gil Zapata, N.; Astaiza, J. y Briceño Beltrán, C.O. 2005. **Macroproyecto reducción de pérdidas en sacarosa. Proyecto Pérdidas de sacarosa en miel final. Establecimiento de una expresión matemática para estimar la pureza potencial en la miel final en el sector azucarero colombiano.** Cenicaña, Cali, Colombia. 80p.
- Gómez, A.L.; Carvajal López, A.; Cañón, C.F.; Barrientos Avendaño, D. y Briceño Beltrán, C.O. 2007. **Steady-state simulation of a complete sugar mill with ethanol plant.** p. 1373-1381. En: Congress of the International Society of Sugar cane Technologists, 26. Proceedings. Durban. Sudáfrica. 30 jul.-2 ago., 2007. ISSCT; SASTA, Durban, Sudáfrica.
- Gómez, A.L.; Cañón, C.F. y Rosero, L.F. 2007. **Torque signatures in crushing mills.** p. 1389-1389. En: Congress of the International Society of Sugar cane Technologists, 26. Proceedings. Durban. Sudáfrica. 30 jul.-2 ago., 2007. ISSCT; SASTA, Durban, Sudáfrica.
- Gómez, A.L.; Cañón, C.F. y Ramírez Domínguez, D.E. 2007. **Hard faced welded tips in shredder hammers: technical and economical performance.** p. 1364-1372. En: Congress of the International Society of Sugar cane Technologists, 26. Proceedings. Durban. Sudáfrica. 30 jul.-2 ago., 2007. ISSCT; SASTA, Durban, Sudáfrica.
- Larrahondo, J.E.; Briceño Beltrán, C.O. y Palma Zamora, A.E. (2006). **Determinación y efectos de la materia extraña en el proceso agroindustrial de la caña de azúcar.** Cenicaña, Cali, Colombia. 14p. (Documento de Trabajo, no. 589)
- Patiño, A.; Calero Salazar, L.; Castaño, S.; Barrientos Avendaño, D. y Moreno Gil, C.A. 2006. **Efecto de dos sistemas de conservación de muestras en la caracterización de jugos diluidos.** Cenicaña, Cali, Colombia. 10 p. (Documento de Trabajo, no.588)

Patiño, A. 2007. Primer Informe de avance, joven investigadora. Convenio Colciencias-Cenicaña. **Pérdidas indeterminadas. Seguimientos analíticos y de proceso a los sistemas de conservación de muestra de jugo, a los procesos de sulfitación y encalado de jugos y meladura.** Cenicaña, Cali, Colombia. 22p.

Patiño, A. 2007. Informe de avance, joven investigadora. Convenio Colciencias-Cenicaña. **Pérdidas indeterminadas. Determinaciones de sacarosa brix, pureza y no-sacarosa en jugos, mieles, los sólidos insolubles y toma de muestra. Proceso de clarificación del jugo.** Cenicaña, Cali, Colombia. 42p.

Ingeniería mecánica

- Castaño, L.F. 2001. **Diseño y construcción de un banco de pruebas para evaluar diseños de acoples de alto torque.** Tesis. Ingeniero Mecánico. Universidad del Valle. Programa Académico de Ingeniería Mecánica. Cali, Colombia. 123p.
- Cobo Barrera, D.F.; Gómez, A.L. y Bejarano Restrepo, L. 2007. **Observaciones preliminares sobre el análisis estructural de vagones.** Carta Trimestral. 29, 2-3. (Abr.-sep.): 31-32.
- Gómez, A.L.; Bejarano Restrepo, L. 2007. **Desarrollo de un dinamómetro a partir de un gancho tipo Holland® para medir fuerza de tiro.** Carta Trimestral. 29, 2-3. (Abr.-sep.): 27-30.

Labores de cultivo

- Torres, J.S.; Criollo, G. y Franco, R. 2007. **Sequence of tillage practices and reduction of land preparation costs on a Mollisol of the Cauca Valley, Colombia.** p. 74-81. En: Congress of the International Society of Sugar cane Technologists, 26. Proceedings. Durban. Sudáfrica. 30 Jul.-02 Ago., 2007. ISSCT; SASTA, Durban, Sudáfrica.
- Torres, J.S.; Rodríguez, L.A.; Urbano, J.A.; Criollo, G. y Franco R. **Secuencia de labores para preparación de suelos y levantamiento de socas con menores costos.** Carta Trimestral. 29, 2-3. (Abr.-sep.): 18-21.

Nutrición y fertilización

- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2007. **Análisis de suelo y tejido foliar para recomendaciones de fertilización en cultivos de caña de azúcar.** Carta Trimestral. 29, 1. (Ene.-mar.): 8.
- Muñoz Arboleda, F. 2007. **Funciones del K en la fisiología de las plantas.** Cenicaña, Cali, Colombia. 8p. (Documento de Trabajo, no.614)
- Quintero Durán, R. 2007. **El potasio (K) en la fertilización de la caña de azúcar.** Cenicaña, Cali, Colombia. 11p. (Documento de Trabajo, no.615)
- Quintero Durán, R. 2007. **Fertilización de la caña de azúcar con nitrógeno y potasio en suelos de la parte plana del valle del río Cauca.** Cenicaña, Cali, Colombia. 22p. (Documento de Trabajo, no.610)
- Quintero Durán, R. 2007. **Investigaciones sobre el manejo de las vinazas aplicadas al suelo.** Cenicaña, Cali, Colombia. 20p. (Documento de Trabajo, no.616)

Metrología

- Calero Salazar, L. 2007. **Gestión metrológica en la industria azucarera colombiana.** Carta Trimestral. 29, 1 (Ene.-mar.): 6.

Microbiología industrial

- Buzón Ramos, K. D. 2007. Informe final del contrato estudiante en práctica. **Evaluación microbiológica de las materias primas en la planta de etanol del Ingenio Providencia S.A.** Cenicaña, Cali, Colombia. 66p.
- Daza Merchán, Z.T. 2007. **Determinación de la acción microbiológica en las pérdidas de sacarosa en fábrica.** Tesis. Microbióloga Industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Microbiología Industrial. Bogotá, Colombia. 127p.
- Mosquera Rentería, M. 2007. Informe final del contrato pasantía. **Origen y control de la acidez volátil en el Ingenio Mayagüez S.A.** Cenicaña, Cali, Colombia. 55p.
- Rincón Prieto, L.M. 2007. Informe final del contrato pasantía. **Evaluación de biocidas sobre microorganismos contaminantes presentes en las plantas de azúcar y alcohol.** Cenicaña, Cali, Colombia. 52p.

Química analítica

- Larrahondo, J.E. y Rosales S., A.M. 2007. **Determinación de boro en suelo mediante espectroscopia NIR.** Carta Trimestral. 29, 1. (Ene.-mar): 7.

Sanidad vegetal

- Ángel Sánchez, J.C. y Victoria Kafure, J.I. 2007. **Evaluación de la incidencia de la roya en la variedad CC 93-3895.** Carta Trimestral. 29, 1. (Ene.-mar.): 23-26.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2007. **Alerta fitosanitaria. Salivazo en cultivos de caña de azúcar.** Cenicaña, Cali, Colombia. 2p.
- Gómez L. L.A. 2007. **Manejo del salivazo *Aeneolamia varia* en cultivos de caña de azúcar en el valle del río Cauca.** Carta Trimestral. 29, 2-3. (Abr.-Sep.): 10-16
- Gómez L., L.A.; Cadena Goyes, P. 2007. **Diagnóstico de la situación de *Diatraea* spp. en el valle del río Cauca, segundo año.** Carta trimestral. 29, 1. (Ene.-mar.): 27-30.
- Gómez L., L.A.; Hincapié H.; L.A. y Marín V., M.E. 2007. **El salivazo de la caña de azúcar *Mahanarva bipars*.** Cenicaña, Cali, Colombia. 3p. (Serie Divulgativa. no.10)
- Guengue Martínez, A. 2007. Informe final pasantía. **Evaluación de resistencia de la caña de azúcar al raquitismo de la soca mediante la colonización de haces vasculares por *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*.** Cenicaña, Cali, Colombia. 18p.
- Nieto Ramírez, L.M. 2007. Informe final. **Purificación del virus del mosaico común de la caña de azúcar SCMV (Sugarcane Mosaic Virus) y del virus de la hoja amarilla SCYL (Sugarcane Yellow Leaf Virus).** Cenicaña, Cali, Colombia. 13p.
- Obando Melo, V.P. 2007. **Análisis de algunas causas del brote de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: crambidae) observado en el valle del río Cauca, desde 2003.** Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto, Colombia. 127p.
- Salazar Valencia, K. 2007. Informe final del contrato pasantía. **Evaluación de dos métodos de inoculación para determinar resistencia a la escaldadura de la hoja en caña de azúcar.** Cenicaña, Cali, Colombia. 50 p.

Transferencia de tecnología

- Isaacs Echeverry, C. Comp. 2007. **Informe del XXVI Congreso Internacional de la Sociedad de Técnicos de la Caña de Azúcar.** Cenicaña, Cali, Colombia. 1 CD-ROM.

- Isaacs Echeverry, C.H.; Andrade Santacoloma, L.P. 2006. **Proyecto Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT). Caracterización de base de los Grupos GTT, Ingenio La Cabaña S.A. (adopción de tecnología).** Cenicaña, Cali, Colombia. 70 p. (Documento de Trabajo, no.607)
- Isaacs Echeverry, C.H.; Carrillo Camacho, V.E.; Silva, H.F. y Castillo Beltrán, S.V. 2007. **Sistemas de información a su medida.** Carta Trimestral. 29, 2-3. (Abr.-Sep): 1-5.
- Isaacs Echeverry, C.H.; Mosquera Daza, L. A.; Valencia Ramírez, P.M. y Castillo Beltrán, S.V. 2007. **Evaluación de la adopción y el impacto de la nueva tecnología de Cenicaña en el sector azucarero colombiano. Ingenio Pichichí. Proyecto Estudios de seguimiento y adopción de tecnología.** Cenicaña, Cali, Colombia. 95p. (Documento de Trabajo, no.612)
- Isaacs Echeverry, C.H.; Mosquera Daza, L.A. y Valencia Ramírez, P.M. 2007. **Evaluación de la adopción y el impacto de la nueva tecnología de Cenicaña en el sector azucarero colombiano. Ingenio Mayagüez. Proyecto Estudios de seguimiento y adopción de tecnología.** Cenicaña, Cali, Colombia. 102p. (Documento de Trabajo, no.611)
- Larrahondo, J.E. 2007. **Informe Simposio Azucarero SPRI-2006. Fronteras de la investigación en el proceso azucarero. (Sugar Processing Research Institute, Inc.).** Cenicaña, Cali, Colombia. (Documento de Trabajo, no.606)
- Pino Orozco, Y. 2007. Informe final. Convenio joven investigador Colciencias-Cenicaña. **Evaluación de la adopción y el impacto de la nueva tecnología de Cenicaña en el sector azucarero colombiano. (Caso piloto Ingenio Providencia).** Cenicaña, Cali, Colombia. 109p.

Variedades de caña de azúcar

- Barona, G.A.; Rivera, J.; Barona, L.B.; Ramírez, G.; Viveros Valens, C.A. y Palma Zamora, A.E. 2007. **Observación de la variedad CC 93-3826 en el Ingenio Riopaila Industrial.** Carta Trimestral, 29, 1 (Ene.-mar.): 11-16.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. Programa de Variedades. 2007. **CC 93-4418. Progenitores: Mex 64-1487 x MZC 74-275.** Carta Trimestral. 29, 1. (Ene.-mar.): 17.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. Cali. Programa de Variedades. 2007. **CC 93-3826 Progenitores: Y-1 x MZC 74-275.** Carta Trimestral. 29, 1. (Ene.-mar.): 10.
- Jaramillo, C.A.; Bohórquez, A.; Camacho, R.D.; Peñaranda, T.E.; Arango, M.; Carvajal, F.; Corrales, V.H.; Viveros Valens, C.A.; Larrahondo, J.E.; Victoria Kafure, J.I.; Palma Zamora, A.E.; López, L.O.; Ángel Sánchez, J.C. y Gómez Perlaza, A.L. 2007. **Evaluación de la variedad CC 93-4418 en el Ingenio María Luisa.** Carta Trimestral. 29, 1. (Ene.-mar.): 18-22.
- Ranjel Jiménez, H.; Moreno Gil, C.A.; Amaya Estévez, A.; Viveros Valens, C.A. y Victoria Kafure, J.I. 2007. **Multivariate analysis to characterise Cenicaña's parental collection.** p. 670-677. En: Congress of the International Society of Sugar cane Technologists, 26. Proceedings. Durban. Sudáfrica. 30 jul.-2 ago., 2007. ISSCT; SASTA, Durban, Sudáfrica.
- Sepúlveda Loaiza, J.A. 2007. **Aplicación de los modelos lineales mixtos en la identificación de los mejores progenitores del proceso de mejoramiento genético de caña de azúcar.** Tesis. Estadístico. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías. Cali, Colombia.136p.
- Victoria Kafure, J.I.; Ángel Sánchez, J.C.; Guzmán Romero, M.L. y Oicatá, M. 2007. **Management of sugarcane cultivars imported into Colombia.** P. 1014-1020. En: Congress of the International Society of Sugar cane Technologists, 26. Proceedings. Durban. Sudáfrica. 30 Jul.- 02 Ago., 2007. ISSCT; SASTA, Durban, Sudáfrica.

III. Actividades de comunicación técnica, transferencia de tecnología y capacitación

Red de grupos de transferencia de tecnología (GTT)

Ingenio/Evento	Asistentes y expositores
INGENIO CARMELITA	
Interpretación del estudio detallado de suelos. Taller. Feb.28	12 cañicultores asistentes. <i>Exp.: J. Carbonell, R. Quintero (Cenicaña)</i>
Manejo del salvazo en la caña de azúcar. Conferencia. Jul.10	23 cañicultores asistentes. <i>Exp.: N. Bernal (Ingenio); L. Gómez (Cenicaña)</i>
Proceso de elaboración de azúcar. Conferencia y visita a fábrica. Oct.17	16 cañicultores asistentes. <i>Exp.: R. Arteaga (Ingenio)</i>
CASTILLA INDUSTRIAL	
Herramientas informáticas. Conferencia. Jun.27	26 cañicultores asistentes. <i>Exp.: C. Isaacs, A. Palma, C. Posada (Cenicaña); V. Corrales, J. Caicedo (Ingenio)</i>
Manejo del salvazo en la caña de azúcar. Conferencia. Jul. 18	44 cañicultores asistentes. <i>Exp.: N. Bernal (Ingenio); L. Gómez (Cenicaña)</i>
Variedades promisorias. Día de campo. Ago.22	40 cañicultores asistentes. <i>Exp.: J. Victoria (Cenicaña); L. Hernández (Ingenio)</i>
Prácticas exitosas en el cultivo de la caña de azúcar. Conferencia. Nov.15	38 cañicultores asistentes. <i>Exp.: O. Ochoa, C. Azcárate (cañicultores); M. Vélez, A. Valdés, J. Londoño (Ingenio); F. Villegas, A. Campos (Cenicaña); H. Rodríguez (Asocaña)</i>
INCAUCA	
Herramientas informáticas. Conferencia. May.30	83 cañicultores asistentes. <i>Exp.: N. Vásquez (Ingenio); C. Isaacs, A. Palma, C. Posada (Cenicaña)</i>
Manejo del salvazo en la caña de azúcar. Conferencias. Ago.1, 26 y sep.4	140 cañicultores asistentes. <i>Exp.: Y. Gutiérrez (Ingenio); L. Gómez (Cenicaña)</i>
INGENIO PROVIDENCIA	
Manejo del salvazo en la caña de azúcar. Conferencia. Jul.5	58 cañicultores asistentes. <i>Exp.: Y. Gutiérrez (Ingenio); L. Gómez (Cenicaña)</i>
Fertilización foliar. Conferencia. Sep.27	70 cañicultores asistentes. <i>Exp.: C. Giraldo (Cañicultor); R. Besosa (Ingenio); F. Muñoz (Cenicaña)</i>
Diseño, adecuación y preparación de campos. Día de campo. Nov.20	60 cañicultores asistentes. <i>Exp.: G. Rebolledo (Cañicultor); J. Vidal (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)</i>

Ingenio/Evento	Asistentes y expositores
INGENIO LA CABAÑA	
Manejo de malezas. Días de campo. Feb.1 y 7	43 cañicultores asistentes. <i>Exp.: L. Marulanda, J. Correa, L. Gonzáles (Ingenio)</i>
Interpretación del estudio detallado de suelos. Conferencia. May.29	35 cañicultores asistentes. <i>Exp.: J. Carbonell, R. Quintero (Cenicaña)</i>
Manejo del salvazo en la caña de azúcar. Conferencia. Jul.11	35 cañicultores asistentes. <i>Exp.: L. Gómez (Cenicaña)</i>
Cosecha. Días de campo. Sep.6 y 13	26 cañicultores asistentes. <i>Exp.: J. Rivera, G. Lenis (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)</i>
Fertilización y nutrición. Días de campo. Nov.16 y 22	70 cañicultores asistentes. <i>Exp.: V. Piedrahita (cañicultor); R. Quintero (Cenicaña); C. Lucumí (Ingenio)</i>
INGENIO SANCARLOS	
Interpretación del estudio detallado de suelos. Talleres. Abr.17 y Sep.17	31 cañicultores asistentes. <i>Exp.: J. Carbonell, R. Quintero (Cenicaña)</i>
Manejo del salvazo en la caña de azúcar. Día de campo. Jul.3	20 cañicultores asistentes. <i>Exp.: L. Andrade (Ingenio); L. Gómez (Cenicaña)</i>
Nutrición y fertilización. Día de campo. Nov.1	23 cañicultores asistentes. <i>Exp.: J. Mejía (cañicultor); L. Andrade (Ingenio); R. Quintero (Cenicaña)</i>
Visita a Cenicaña. Día de campo. Nov.27	9 cañicultores asistentes. <i>Exp.: C. Isaacs, J. Ángel, H. Rangel, J. Victoria (Cenicaña)</i>
INGENIO RISARALDA	
Interpretación del estudio detallado de suelos. Taller. May.23	34 cañicultores asistentes. <i>Exp.: R. Quintero, C. Isaacs, G. Vargas (Cenicaña); A. García (Técnico)</i>
Fertilización orgánica. Día de campo. Jun.6	29 cañicultores asistentes. <i>Exp.: A. Villegas (Ingenio)</i>
Adecuación y preparación de tierras. Taller. Jul.11	26 cañicultores asistentes. <i>Exp.: D. Emura (Ingenio)</i>
Manejo del salvazo en la caña de azúcar. Conferencia. Ago.30	32 cañicultores asistentes. <i>Exp.: D. Álvarez (Ingenio); S. Castillo (Cenicaña)</i>
Siembra y resiembra. Taller. Sep.19	28 cañicultores asistentes. <i>Exp.: D. Emura (Ingenio)</i>

Continúa

Ingenio/Evento	Asistentes y expositores
INGENIO MAYAGÜEZ	
Interpretación del estudio detallado de suelos. Taller. Mar.28	12 cañicultores asistentes. <i>Exp.: J. Carbonell, R. Quintero (Cenicaña)</i>
Manejo del salivazo en la caña de azúcar. Conferencia. Ago.9	39 cañicultores asistentes. <i>Exp.: A. González (Ingenio); L. Gómez (Cenicaña)</i>
Alternativas de energía para el manejo de pozos. Conferencia. Sept.26	36 cañicultores asistentes. <i>Exp.: G. Medina (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)</i>
Proceso de elaboración de azúcar y etanol. Día de campo. Nov.22	21 cañicultores asistentes. <i>Exp.: A. Rada, F. Legarda (Ingenio)</i>
RIOPAILA INDUSTRIAL	
Relaciones con la comunidad. Conferencia. Feb.28	13 cañicultores asistentes. <i>Exp.: B. Hernández (Ingenio); G. Barney (Asocaña)</i>
Variedades promisorias. Día de campo. Jun.28	22 cañicultores asistentes. <i>Exp.: G. Villegas (cañicultor); J. González (Ingenio); J. Victoria, L. Gómez (Cenicaña)</i>
Interpretación del estudio detallado de suelos. Taller. Ago.30	30 cañicultores asistentes. <i>Exp.: J. Carbonell (Cenicaña); A. García (Técnico)</i>
Herramientas informáticas. Conferencia. Oct.11	26 cañicultores asistentes. <i>Exp.: C. Mosquera (Ingenio); A. Franco, C. Posada, A. Palma (Cenicaña)</i>
Prácticas exitosas en el cultivo de la caña de azúcar. Conferencia. Dic.5	31 cañicultores asistentes. <i>Exp.: E. Romero, A. Valdés, C. Mosquera (Ingenio); M. Zapata (Asocaña); F. Villegas, A. Campos (Cenicaña)</i>

Ingenio/Evento	Asistentes y expositores
INGENIO MANUELITA	
Uso eficiente del agua y relaciones con la comunidad. Conferencia. Feb.15	28 cañicultores asistentes. <i>Exp.: M. Prada, M. Vallejo (Ingenio); G. Barney (Asocaña)</i>
Avances y resultados en el uso de la vinaza. Días de campo. May.24 y 31	41 cañicultores asistentes. <i>Exp.: A. García, J. Casas, J. Gómez, M. Prada (Ingenio); R. Quintero (Cenicaña)</i>
Cosecha. Día de campo. Jul.4	30 cañicultores asistentes. <i>Exp.: D. Galvis, P. Cabal (Ingenio); C. Isaacs (Cenicaña)</i>
Manejo del salivazo en la caña de azúcar. Conferencia. Ago.2	45 cañicultores asistentes. <i>Exp.: C. Suárez (Ingenio); L. Gómez (Cenicaña)</i>
Visita a Cenicaña. Día de campo. Sep.27	33 cañicultores asistentes. <i>Exp.: A. Amaya, C. Viveros, H. Rangel, J. Ángel, C. Posada, C. Isaacs (Cenicaña)</i>
INGENIO PICHICHÍ	
Interpretación del estudio detallado de suelos. Taller. Feb.20	30 cañicultores asistentes. <i>Exp.: J. Carbonell, R. Quintero (Cenicaña)</i>
Manejo del salivazo en la caña de azúcar. Conferencia. Jul.31	28 cañicultores asistentes. <i>Exp.: G. Terreros (Ingenio); L. Gómez (Cenicaña)</i>



Seminarios

Evento	Asistentes
Sistema de Información para el Manejo de la Caña Específico por Sitio (SIMCES). Ene.30 y may. 22	Técnicos de los ingenios Castilla y Riopaila. Personal de Cenicaña <i>Exp.: A. Palma</i>
Minimización del impacto de las quemas de caña de azúcar. Feb.7, mar.21	Personal del departamento de cosecha de los ingenios Providencia e Incauca, veedores de quemas. <i>Exp.: E. Cortés</i>
Sucroquímica. Mar.5, 12	Personal del programa de procesos de fábrica de Cenicaña. <i>Exp.: J. Larrahondo</i>
Información meteorológica y climatológica para la agricultura específica por sitio (AEPS) en la industria azucarera colombiana. Abr-oct.	Personal de ingenios azucareros. <i>Exp.: E. Cortés</i>
El potasio y su importancia en el cultivo de la caña de azúcar. Asocaña-CVC-Cenicaña. Ago.30-31	Personal de ingenios azucareros y técnicos de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), personal de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña). <i>Exp.: F. Muñoz</i>
Producción, manejo y aplicación de compost. Asocaña-CVC-Cenicaña. Sep.10-11	Personal de ingenios azucareros y técnicos de la CVC, personal de Asocaña y Cenicaña. <i>Exp.: R. Quintero</i>
Microbiología: fermentación industrial de mieles, meladuras y melazas. Cenicaña-Chemicoaching. May.10-11	Ingenieros de procesos y microbiólogos de plantas de alcohol de ingenios colombianos, personal de Cenicaña. <i>Coord.: L. Calero</i>
Caracterización radiométrica de suelos y el cultivo de la caña de azúcar	Personal técnico de los ingenios azucareros (may.17), Ingenio Sancarlos (jun.13). <i>Coord.: J. Carbonell; E. Bastidas; P. Murillo</i>
Hacia la agricultura de precisión: instrumentación de una alzadora de caña para generar mapas de productividad. Sep.12, oct.19	Personal de ingenios azucareros. <i>Exp.: J. Carbonell; J. Ramírez; C. Osorio</i>
Sistema Experto de Fertilización (SEF) para recomendaciones de fertilizantes y enmiendas para caña de azúcar. Oct.4	Personal de Cenicaña. <i>Exp. R. Quintero</i>
Servicio de diagnóstico de enfermedades. Nov.22	Personal de Cenicaña. <i>Exp.: M. Guzmán</i>
Modelo económico para apoyar la decisión de renovación en cultivos de caña de azúcar. Dic.13	Técnicos del Ingenio Manuelita. <i>Exp.: C. Posada</i>
Manejo preventivo del salivazo <i>Mahanarva bipars</i> . Mistrató (mar.26), Quinchía (abr.14), Belén de Umbría (abr.15), Pueblo Rico (abr.16), Guática (may.27). Colombia.	Grupos de cultivadores de caña de municipios del departamento de Risaralda, afectados y/o amenazados por la presencia de salivazo. <i>Exp.: L. Gómez</i>
Agrupación de suelos. Jun.8, jul.31, ago.1	Técnicos y supervisores de los ingenios Incauca y Castilla. <i>Exp. R. Quintero</i>
Estado del arte en control de procesos de la industria azucarera. Nov.7	Técnicos de ingenios azucareros y personal del programa de procesos de fábrica de Cenicaña. <i>Exp.: E. Castillo</i>
Resultados de investigación con Nutri Humic (compost). Dic.19	Técnicos del Ingenio Risaralda y estudiantes de la Universidad de Caldas. <i>Exp.: R. Quintero</i>

Reuniones técnicas: comités y grupos

Tema	Asistentes
Proceso de normalización ambiental Cenicaña: ISO 14000	Comité ambiental (ene.15, 19, 22, feb.16, 19, mar.12, 23, may.7, 22, 28, jun.8, 14, 25, jul.23, 27, 30, ago.6, 17, sep.3, 17, 21, 24, 28, oct.1, nov.19, dic.7). Coord.: L. Calero
Definición de procedimientos, cálculos y balances para una producción dual	Comité de producción dual (ene.25, feb.27, mar.27, may.30, jun.26, jul.18, ago.14, oct.30, dic.11). Coord.: L. Calero
Proceso de producción de alcohol	Jefes de las plantas de alcohol de ingenios con producción dual (ene.25, feb.27, mar.27, may.30, jun.26, jul.18, ago.14, oct.30, dic.11). Coord.: L. Calero
Reuniones comité de cosecha	Comité de cosecha (ene.25, may.18, nov.14). Coord.: Y. Escobar (Ingenio Mayagüez)
Seguimiento de sacarosa en el proceso fabril	Profesionales de Cenicaña y de los ingenios Castilla (ene.31, feb.28, mar.21, 23, 26, 29, ago.13, 31, sep.7, 14, 24); Manuelita (mar.30); Riopaila (abr.20, 30, may.3, 29); La Cabaña (jul.24); Central Tumaco (sep.17, oct.22-25). Coord.: L. Calero
Análisis de suelos y tejido foliar	Comité nacional de estandarización de métodos analíticos para suelos y tejido foliar del Instituto Colombiano de Normas Técnicas - Icontec (feb., abr., jun., ago., oct.). Exp.: J. Larrahondo
Gestión metrológica de las mediciones	Grupo de metrólogos de los ingenios azucareros (feb.2, abr.24, jun.29, sep.14, nov.2, dic.14). Coord.: L. Serna, J. Correa, S. Pereddo, L. Calero
Estandarización de costos de cosecha	Personal de costos y administración de cosecha ingenios azucareros (feb.14, may.29, ago.28). Exp.: A. Palma; C. Posada
Sistema de gestión de inocuidad y saneamiento	Comité de calidad de ingenios azucareros, técnicos de Asocaña (feb.14, sep.21). Exp. L. Calero
Avance en la investigación sobre manejo de aguas	Comité de campo Asocaña (feb.21, abr.24, may.24). Exp.: J. Cruz
Pruebas semicomerciales de vinaza concentrada y compost para ingenios	Personal de ingenios azucareros y técnicos de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) (feb.21). Exp.: R. Quintero
Reuniones comité de investigación de campo	Comité de investigación de campo (feb.28, ago.29, nov.21). Coord.: J. Gómez (Ingenio Manuelita)
Gestión ambiental del sector azucarero	Profesionales de gestión ambiental del sector azucarero (mar.1, may.29, sep.28). Exp.: L. Calero
Reuniones comité de variedades	Comité de variedades (mar.7, may.27, ago.23, dic.6). Coord.: J. Victoria
Reuniones comité de sanidad vegetal de la caña de azúcar	Comité de sanidad vegetal (mar.13, jun.15, jul.12, sep.3). Coord.: L. Gómez
Estandarización de costos de fábrica	Personal de costos y administración de fábrica de ingenios azucareros (mar.16, jun.13, 29, jul.12). Exp.: A. Palma; C. Posada
Sistemas de información geográfica	Grupo de trabajo en sistemas de información geográfica de ingenios azucareros (mar.27). Coord.: J. Carbonell; C. Osorio
Estandarización de costos de campo	Personal de costos y administración de campo de ingenios y cultivadores (mar.27, ago.15). Exp.: A. Palma; C. Posada
Cuencas hidrográficas	Personal de Cenicaña (may.9) y de la CVC (jun.1, 8, 15, 22, 29). Coord.: J. Torres; R. Cruz
Reuniones comité de fábrica	Comité de fábrica (may.24, ago.23, nov.22). Coord.: H. Vázquez (Ingenio Mayagüez)

Continúa

Tema	Asistentes
Análisis de alternativas de capacitación del sector	Profesionales de Asocaña, Tecnicaña, Cenicaña (jun.11). <i>Coord.: N. Mayorga</i>
Optimización en la industria azucarera	Personal del programa de procesos de fábrica de Cenicaña. <i>Coord.: J. Larrahondo</i>
Estandarización de costos de destilería	Personal de ingenios azucareros con destilería (jul.11). <i>Coord.: C. Posada</i>
Seguimientos al sistema de medición estandarizado	Técnicos de los ingenios: Carmelita (jul.12, 13, 16); María Luisa (jul.25, 26, 27, ago.27); Central Tumaco (ago.8, 9, 10, 27); Sancarlos (sep.19, 20 y 21); Pichichí (nov.7, 8 y 9); Riopaila (dic 10, 11, 12); Castilla (nov.19, dic.21, 22, 23). <i>Coord.: L. Calero</i>
Seguimientos analíticos: materiales que intervienen en el balance de sacarosa	Jefes de calidad y jefes de laboratorios de ingenios azucareros (mar.9, ago.28). <i>Coord.: L. Calero</i>

Ponencias en eventos nacionales organizados por otras entidades

Evento	Presentación Cenicaña	Organizador
Seminario sobre medio ambiente. Cali, Colombia. Abr.20	El cambio climático. Medidas cotidianas para su prevención y mitigación. <i>Exp. E. Cortés</i>	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)
Seminario sobre mapeo genético. Bogotá, Colombia. Mar.20	Introducción a mapeo genético. <i>Exp.: J. López</i> Mapeo de QTL. <i>Exp.: J. López</i>	Universidad Nacional de Colombia
Seminario sobre fertilización de la caña de azúcar. Palmira, Colombia. Mar.29	Suelos del valle del río Cauca y fertilización de la caña de azúcar. <i>Exp.: R. Quintero</i> Alternativas de mejoramiento de suelos. <i>Exp.: J. Torres</i>	Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar (Procaña)
Seminario sobre fertilización líquida. Palmira, Colombia. Abr.19-20	Experiencias en fertilización líquida en caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca. <i>Exp.: R. Quintero</i>	Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS)
X congreso de la Asociación Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Pasto, Colombia. Jun.5-7	Estado actual y perspectivas de los cultivos transgénicos en Colombia y el mundo. <i>Exp.: F. Ángel</i> Transformación genética de caña de azúcar mediante <i>Agrobacterium tumefaciens</i> . <i>Exp.: M. Bonilla</i> Variedades de caña de azúcar para la producción de azúcar, etanol y cogeneración de energía eléctrica. <i>Exp.: C. Viveros</i>	Asociación Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos
III encuentro nacional de agricultura de conservación. Villavicencio, Colombia. Jun.6-8	Sistema de información en web para la aplicación de la AEPS en el cultivo de la caña de azúcar. <i>Exp.: J. Carbonell</i>	Corporación colombiana de investigación agropecuaria (Corpoica)
XXXIV congreso de entomología. Cartagena, Colombia. Jun.25-27	Composición de especies de <i>Diatraea</i> spp. y de sus parasitoides en el valle del río Cauca. <i>Exp.: V. Obando</i> Fluctuación de poblaciones de <i>Diatraea</i> spp. y de sus parasitoides durante el ciclo de la caña. <i>Exp.: V. Obando</i> Pérdidas causadas por <i>Diatraea</i> spp. en caña de azúcar en el valle del río Cauca. <i>Exp.: L. Gómez</i>	Sociedad colombiana de entomología (Socolen)

Continúa

Evento	Presentación Cenicaña	Organizador
III simposio biofábricas. Medellín, Colombia. Ago.15-17	Transformación genética de caña de azúcar: requisito esencial para su uso como futura biofábrica. <i>Exp.: F. Ángel</i>	Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín
Seminario sobre arquitectura genética de características cuantitativas. Bogotá, Colombia. Ago.27	Arquitectura genética de características cuantitativas. <i>Exp.: J. López</i>	Universidad de los Andes
Jornadas académicas sobre producción de bioetanol. Medellín, Colombia. Sep.19	Desarrollo de la producción de bioetanol en Colombia. <i>Exp.: J. Larrahondo</i>	Universidad EAFIT
Taller sobre tecnología, energía y medio ambiente. Cali, Colombia. Sep.27	Tecnología, energía y medio ambiente en la industria azucarera colombiana. <i>Exp. E. Castillo</i>	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)
XXVIII congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. Palmira, Colombia. Oct.3-5	Determinación de las poblaciones microbianas en el proceso de extracción de jugo de caña de azúcar y el efecto en su calidad. <i>Exp. M. Guzmán</i> Plantas transgénicas como una opción para el manejo de enfermedades (logros y falencias). <i>Exp.: F. Ángel</i> Manejo de enfermedades de la caña en Colombia y sus implicaciones para la producción de azúcar y etanol. <i>Exp.: J. Ángel</i>	Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines (Ascolfi)
II encuentro de investigadores UPTC. Tunja, Colombia. Oct.9	Tecnología, energía y medio ambiente en la industria azucarera colombiana. <i>Exp. E. Castillo</i>	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).
Jornadas académicas sobre producción de bioetanol. Bucaramanga, Colombia. Oct.15	Desarrollo de la producción de bioetanol en Colombia. <i>Exp.: J. Larrahondo</i>	Universidad Industrial de Santander (UIS)
Seminario sobre microbiología. Palmira, Colombia. Nov.15	La microbiología y su aplicación en el cultivo de la caña de azúcar. <i>Exp. M. Guzmán</i> Estado actual y perspectivas de los cultivos transgénicos en Colombia y el mundo. <i>Exp.: F. Ángel</i>	Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira

Ponencias en eventos internacionales organizados por otras entidades

Evento	Presentación Cenicaña	Organizador
Seminario internacional PROSUL Bioenergía. Sao Paulo, Brasil. May.7-9	Integración energética de procesos. <i>Exp.: E. Castillo</i> Investigación y desarrollo de estrategias en la producción de bioetanol en Colombia. <i>Exp.: J. Larrahondo</i>	Universidad Federal de Itajubá, Grupo de Estudios Estratégicos (GEE) e Instituto Nacional de Eficiencia Energética (INEE).
Cátedra de estudios memorial América Latina sobre bioenergía y biocombustibles. Sao Paulo, Brasil. May.7-9	Desarrollo de la producción de etanol en la agroindustria colombiana. <i>Exp.: J. Larrahondo</i>	Universidad de Sao Paulo.
IX congreso internacional y XXXIV congreso nacional de la sociedad mexicana de fitopatología. XIV congreso latinoamericano de fitopatología. XLVII reunión anual de la división caribe de la sociedad americana de fitopatología. México D.F., México. May.20-24	Manejo integral de enfermedades de la caña de azúcar en Colombia. <i>Exp.: J. Ángel</i>	Sociedad mexicana de fitopatología

IV. Atención de estudiantes, investigadores, técnicos y productores agropecuarios en la Estación Experimental

Fecha	Organización y número de visitantes	Tema (responsable)
Mar.1	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 30 estudiantes.	Riego y drenajes (J.R. Cruz). Manejo de enfermedades (J.C. Ángel). Manejo de plagas (G. Vargas).
Mar.20	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Facultad de Ingeniería Agronómica. 25 estudiantes.	Obtención de variedades de caña de azúcar Cenicaña Colombia (C.A. Viveros).
Mar.23	Universidad del Cauca. Popayán, Cauca. Departamento de Hidráulica. Ingeniería Ambiental. 28 estudiantes.	Sistema de información geográfica (C.A. Osorio). Red Meteorológica Automatizada. Visita a la estación meteorológica. Investigaciones relacionadas (E. Cortés).
Abr.18	Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres - EEAOC. Tucumán, Argentina. Tres investigadores.	Presentación del Programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña: proyectos de investigación y servicios (J.E. Larrahondo, L.M. Calero). Requerimientos ambientales para la producción de etanol en Colombia (L.M. Calero). Experiencias con vinazas en caña de azúcar (investigación) (R. Quintero).
Abr.23	Centro Agropecuario SENA, regional Cauca. Popayán, Cauca. Tecnología en Producción Agrícola. 28 estudiantes.	Semilleros y enfermedades (J.C. Ángel). Plagas (G. Vargas). Nutrición y Fertilización (R. Quintero).
May.3	Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Cundinamarca. Departamento de Química. Licenciatura en Química. 34 estudiantes.	Aplicaciones de la química en la agroindustria azucarera colombiana. (J.E. Larrahondo).
May.9	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso, Boyacá. Programa de Contaduría Pública. Curso Economía Colombiana. 47 estudiantes.	Aspectos económicos de la producción azucarera en Colombia (C. Posada).
May.16	Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Ingeniería Agroforestal. 30 estudiantes.	Agricultura específica por sitio (J. Carbonell). Manejo de suelos cultivados con caña (R. Quintero).
May.22	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Duitama, Boyacá. Licenciatura en Matemáticas y Estadística. Curso Diseño de Experimentos. 12 estudiantes.	Ejemplos prácticos de diseño de experimentos (A. Palma, C. Moreno, C. Posada).
May.25	Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Antioquia. Programa de Ingeniería Agronómica. Curso Fitomejoramiento. 24 estudiantes.	Mejoramiento genético de caña de azúcar: manejo de colecciones y desarrollo de poblaciones (C.A. Viveros). Aplicaciones de biotecnología (F. Ángel).
May.29	Universidad Francisco de Paula Santander. San José de Cúcuta. Norte de Santander. Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. Ingeniería Biotecnológica. 30 estudiantes.	Biotecnología en Cenicaña (J. López).
May.31	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Maestría en Ciencias Agrarias. Tres estudiantes.	Programa de mejoramiento genético de caña de azúcar (C.A. Viveros).
Jun.5	Cooperativa ACOPANELA. El Salvador. América Central. Dos representantes.	Presentación del modelo institucional. Programas de investigación y servicios de Cenicaña (video). Variedades de caña y manejo agronómico. Sistemas de información y apoyo a productores (C.H. Isaacs).
Julio.25, 26 y 27	Universidad de Pamplona. Santander. Facultad de Ciencias Agrarias. Dos directivos.	Presentación Programa de Procesos de Fábrica (E.F. Castillo). Presentación Programa de Agronomía (énfasis en suelos) (R. Quintero). Sistema de información geográfica de la agroindustria azucarera (J. Carbonell, C. Osorio). Servicio de Tecnología Informática. Sistemas de información. Informática (E. Anderson). Generalidades de Cenicaña. Acuerdos de cooperación. Convenios (N. Pérez).

Continúa

Fecha	Organización y número de visitantes	Tema (responsable)
Jul. 25	Grupo de 39 mayordomos y obreros agrícolas de los ingenios Mayagüez y María Luisa y un instructor del Sena.	Manejo de aguas en el cultivo de caña de azúcar (A. Gómez, D. Cruz, F. Millán, A. Labrada). Red meteorológica automatizada (J. Carbonell, J.I. Mendoza, J.J. Lasso). Obtención de nuevas variedades de caña de azúcar y su multiplicación (F. Rosero, R. Candelo). Análisis de suelos y tejido foliar para recomendar fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar (J. Larrahondo, C.J. Ramírez, O. García). Sanidad vegetal: Salivazo en caña de azúcar (S.V. Castillo). Modelo institucional de Cenicaña (V.E. Carrillo). Sistema integrado de gestión de calidad y gestión ambiental (L.F. Bonilla). Sanidad vegetal: Enfermedades de la caña de azúcar y manejo de semilleros (J.C. Ángel). Recorrido por las instalaciones.
Ago.2	Un grupo de estudiantes grados 10 y 11 de bachillerato del Tolima. 51 estudiantes	Presentación del modelo institucional. Programas de investigación y servicios de Cenicaña. Recorrido por las instalaciones (H.F. Silva). El cuento de los túneles. La historia de la caña de azúcar (G. Barney).
Ago.10	Visita técnica de Fedepanela. 38 técnicos de Centros de Servicios de diferentes departamentos del país.	Variedades de caña para la producción de azúcar. (C.A. Viveros). Semilleros y enfermedades (J.C. Ángel). Manejo agronómico de la caña de azúcar. Aspectos fundamentales del programa de agronomía (R. Cruz)
Ago.24	Grupo de Estudio y Trabajo en Genética, GETEG. Universidad del Valle. Cali, Valle del Cauca. Nueve estudiantes.	Programa de mejoramiento genético en caña de azúcar (C.A. Viveros). Biotecnología y biología molecular en caña de azúcar (F. Ángel, J. López).
Sep.14	Visita técnica convenio Sena-Asocaña. 22 estudiantes de Tecnología en Fabricación de Azúcar de diferentes ingenios y un instructor del Sena.	Modelo institucional y nuevas variedades de caña (V.E. Carrillo). Programa de procesos de fábrica: servicios e investigación en química, microbiología industrial y calidad de caña. Visita a los laboratorios (O. García, C.J. Ramírez, A.M. Rosales, T. Daza, L.P. Echeverry).
Sep.26	Fundación Social JIAMPI. La Tebaida, Quindío. Cuatro personas.	Aspectos relacionados con el cultivo de la caña de azúcar. (C.H. Isaacs)
Oct.4	Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Cundinamarca. Programa de Pregrado en Biología. 10 estudiantes.	Proyectos de investigación de Cenicaña en biotecnología (F. Ángel). Visita al laboratorio (M.L. Bonilla). Modelo institucional Cenicaña (V.E. Carrillo).
Oct.11	Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Bogotá, Cundinamarca. Ingeniería Agronómica. 35 estudiantes.	Agricultura específica por sitio (C.A. Osorio). Fitomejoramiento (C. Nieto). Manejo sanitario integrado (J. López, K. Quevedo). Riego (R.Cruz). Agroindustria con énfasis en etanol (J. Larrahondo).
Oct.25	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso, Cundinamarca. Programa de Contaduría Pública. Curso Economía Colombiana. 34 estudiantes.	Contabilidad de los procesos de Cenicaña (L.G. Medranda). Aspectos económicos de la producción azucarera en Colombia (C. Posada).
Nov.2	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso. Cundinamarca. Escuela de Ingeniería Industrial. Curso de Procesos de Manufactura. 35 estudiantes.	Descripción del proceso de producción de azúcar. Descripción del proceso de producción de etanol. (J. Larrahondo).
Nov.7	Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Ingeniería Agronómica. 40 estudiantes.	Programa de mejoramiento genético de variedades de caña de azúcar. Visita a los invernaderos (C.A. Viveros). Enfermedades de la caña de azúcar (J.C. Ángel).
Nov.22	Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Nariño. Programa de Ingeniería Agroforestal. 45 estudiantes.	Características de los suelos en el valle del río Cauca (R. Quintero). Manejo agronómico de la caña de azúcar. Agricultura específica por sitio (S.V. Castillo).
Nov.23	Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Valle del Cauca. Programa Sistemas de Producción. 25 estudiantes.	Modelo institucional de Cenicaña (N. Pérez). Recorrido por las instalaciones (H.F. Silva).
Nov.26	Universidad Francisco de Paula Santander. San José de Cúcuta. Norte de Santander. Plan de estudios en Ingeniería Biotecnológica. Curso Biotecnología Ambiental. 35 estudiantes.	Modelo institucional de Cenicaña (V.E. Carrillo). Biotecnología en Cenicaña (F. Ángel, J. López).
Dic.12	Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba. Programa de Ingeniería Agronómica. 20 estudiantes.	Manejo del cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca (S.V. Castillo). Biocombustibles (H. Seidel).

V. Participación del personal en actividades de inducción, intercambio y capacitación

Eventos	Asistencia
ACTIVIDADES NACIONALES	
Congresos	
XXVIII Congreso de Ascolfi. Palmira, Colombia. Oct.3-5	M. Guzmán; J. Ángel
X Congreso Asociación Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Pasto, Colombia. Jun.5-7	F. Ángel; M. Bonilla; C. Viveros
XXXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Cartagena, Colombia. Jun.25-27	L. Gómez; V. Obando
IX congreso nacional de bibliotecología y ciencias de la información y XII encuentro nacional de bibliotecas públicas. Armenia, Colombia. Sep.11-14	A.L. Gómez
Cursos y diplomados	
Curso en seguridad y calidad en el corte manual de la caña de azúcar. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Cali, Colombia.	33 trabajadores de campo
Curso en bioinformática. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Chinchiná, Colombia. Abr. 10-12	J. López
Curso en agricultura de precisión. IGAC. Bogotá, Colombia. Abr.23-27	J. Carbonell
Curso Delphi Code Gear 2007. Cenicaña. Cali, Colombia. Dic.3-7	J. Caicedo; N. Ospina; W. Martínez
Diplomado en logística de transporte. Universidad ICESI. Cali, Colombia. Feb.-sep.	C. Posada; C. Moreno; C. Osorio; L. Amú; C. Isaacs
Diplomado en comunicación pública de la ciencia y la tecnología. Colciencias, Convenio Andres Bello, Afacom, Universidades Autónoma de Occidente, del Valle, Javeriana y Santiago de Cali. Cali, Colombia. Oct.-dic.	V.E. Carrillo
Seminarios, foros, talleres, simposios	
VII Simposio de estadística. Universidad Nacional de Colombia. Cali, Colombia. Ago.7-11	A. Palma; C. Moreno
El gran foro de competitividad. Expogestión 2007. Corferias. Bogotá, Colombia. Sep.13-14	C. Moreno
Seminario de bioetanol. Siemens. Cali, Colombia. Sep.14	J. Larrahondo; E. Castillo
III Simposio biofábricas. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Medellín, Colombia. Sep.15-17	J. Larrahondo; E. Castillo
Enfermedades causadas por fitoplasmas y sus métodos de diagnóstico. Palmira, Colombia. Oct.1-2	M. Guzmán; J. Ángel
Taller de innovación tecnológica para el sector agrícola. CIAT. Palmira, Colombia. Oct.18-19	A. Palma
Tecnología, energía y medio ambiente en la industria azucarera. Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia. Nov.26-27	M. Guzmán

Eventos	Asistencia
ACTIVIDADES INTERNACIONALES	
Congresos	
XXVI Congreso de la sociedad internacional de técnicos de la caña de azúcar. ISSCT. Durban, África del sur. Jul.29 - ago.2	A. Amaya; A. Gómez; C. Isaacs; E. Castillo; J. Torres; J. Victoria
Congreso internacional de redes y unidades de información especializadas en ciencia y tecnología. Bogotá, Colombia. Ago.29-31	A. Arenas
Seminarios, conferencias, simposios	
XVI Conferencia internacional sobre genoma de plantas y animales. <i>Scherago International</i> . San Diego, Estados Unidos de Norte América. Ene.12-17	J. López
III Conferencia anual y exposición sobre biocarburantes en América. <i>Biofuels Americas</i> . Cartagena, Colombia. Mar.12-14	J. Larrahondo
Seminario internacional PROSUL Bioenergía. Universidad Federal de Itajubá, GEE, INEE. Sao Paulo, Brasil. May.7-9	J. Larrahondo; E. Castillo
VI Simposio internacional de alcoholes y levaduras. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Jun. 20-22	M. Guzmán; L. Calero
GIRAS TÉCNICAS	
Producción de azúcar y etanol. Centro Tecnología Canaviera (CTC). Piracicaba, Brasil. May.10-13	E. Castillo
Producción de azúcar y etanol. Universidad de Campinas. Campinas, Brasil. May.14-16	E. Castillo
Producción de azúcar. Industria azucarera de Brasil. Sao Paulo, Brasil. Jul.	A. Amaya; A. Gómez; C. Isaacs; E. Castillo; J. Torres; J. Victoria
Procesos de gasificación. Universidad Federal de Itajuba. Itajuba, Brasil. Nov.3-10	C. Cañón
Producción de azúcar y etanol. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC). Tucumán, Argentina. Nov.11-17	C. Cañón
Cruzamientos. Centro de investigación y desarrollo de la caña de azúcar (CIDCA) de México. Tapachula, México. Nov. 13-29	C. Viveros

VI. Convenios interinstitucionales vigentes en 2007

Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), Colombia, junio de 1994: acuerdo de uso de lotes del Ciat para siembra de ensayos y experimentos de Cenicaña.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Colombia, 4 de noviembre de 1999: con el fin de continuar recibiendo apoyo del ICA para introducción, cuarentena y exportación de variedades de caña de azúcar. Cenicaña prestará los servicios de diagnóstico de enfermedades y plagas en muestras remitidas por el Instituto, provenientes de zonas paneleras del país.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Colombia, 9 de abril de 2001: con el objeto de apoyar los diferentes programas de investigación en caña de azúcar en la contratación de personal técnico altamente calificado, nacional o extranjero, y la implementación de laboratorios y equipos.

Universidad de Caldas, Colombia, 17 de marzo de 2004: para que los estudiantes de la Universidad puedan desarrollar su práctica en Cenicaña.

Universidad Católica de Manizales, Colombia, 13 de mayo de 2004: para que los estudiantes de la Universidad puedan desarrollar su práctica en Cenicaña.

Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres" (EEAOC), Argentina, 30 de junio de 2004: para desarrollar actividades de investigación conjuntas y facilitar el intercambio tecnológico en el área de caña de azúcar.

Universidad Industrial de Santander (UIS), Colombia, 4 de octubre de 2004: con el objeto de aunar esfuerzos técnicos para el fortalecimiento de la capacidad investigativa, de desarrollo tecnológico y la realización de servicios técnicos especializados.

Universidad del Valle, Colombia, 17 de junio de 2005: suscrito además por el Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas (Cideim), la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Ciat y Cenicaña, para fortalecer los desarrollos académicos e investigativos de las entidades participantes y propiciar el intercambio de investigadores.

Agroindustrial Laredo S.A.A., Perú, septiembre de 2006: contrato de licencia y pago de regalías por uso de las variedades vegetales CC 85-92 y CC 87-434.

Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A., Ecuador, septiembre de 2006: contrato de licencia y pago de regalías por variedades vegetales, CC 85-92.

Universidad ICESI, Colombia, octubre de 2006: convenio interinstitucional de cooperación técnica, académica e investigativa.

Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA), México, octubre de 2006: convenio específico de cooperación técnica y financiera para el desarrollo de cruzamientos de variedades de caña de azúcar.

Etanol Consortium Borad, Colombia, 15 de marzo de 2007: contrato de licencia y pago de regalías por variedades vegetales.

Compañía Azucarera La Estrella, S.A., Panamá, 10 de mayo de 2007: contrato de licencia y pago de regalías por variedades vegetales.

Universidad de Pamplona, Colombia, 25 de julio de 2007: para que los estudiantes de la Universidad puedan desarrollar su práctica en Cenicaña.

Universidad de Córdoba, Colombia, septiembre de 2007: contrato de prestación de servicios.

VII. Capital humano

Para el desarrollo de proyectos y actividades permanentes el Centro contó con 51 profesionales, 39 auxiliares de apoyo en investigación y servicios y 65 trabajadores de campo. En desarrollo de trabajo de grado y pasantía estuvieron 12 estudiantes de distintas disciplinas y a través del programa de jóvenes investigadores de Colciencias se vincularon dos profesionales. Se contó además con seis profesionales en contrato de prestación de servicios.

VIII. Programa de formación de jóvenes investigadores

Cenicaña es una de las instituciones nacionales de apoyo al fortalecimiento de la capacidad científica del país y como tal participa desde 1997 en el programa de formación de jóvenes investigadores auspiciado por Colciencias. En el marco del programa se desarrolló el Convenio No.104-2006 a través del cual el Centro contó en 2007 con dos profesionales jóvenes de distintas disciplinas (ver cuadro). Además se firmó el Convenio No.128-2007 para vincular a un joven investigador durante 2008, quien colaborará en el sistema de gestión de la calidad ambiental de Cenicaña.

Nombre y profesión	Proyecto y programa de investigación	Período
Patricia Cadena Góyez Bióloga	Caracterización morfológica y molecular de especies de <i>Diatraea</i> spp. (Programa de Variedades)	Enero a diciembre de 2007
Lina María Cardona Giraldo Bióloga	Estudio de la variabilidad de la roya (<i>Puccinia melanocephala</i>) presente en cultivos de caña de azúcar por medio de técnicas moleculares. (Programa de Variedades)	Enero a diciembre 2007



IX. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2007)

Dirección General

Álvaro Amaya Estévez

Director General. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Nohra Pérez Castillo

Secretaria Junta Directiva. Economista.

Dirección Administrativa

Nohra Pérez Castillo

Directora Administrativa. Economista.

Ligia Genith Medranda Rosasco

Contadora. Contadora Pública.

Víctor Hugo Mejía Falla²

Jefe Administrativo. Ingeniero Industrial.

Luis Ferney Bonilla Betancourth²

Coordinador Gestión de Calidad. Ingeniero Industrial.

Programa de Variedades

Jorge Ignacio Victoria Kafure¹

Director. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Hernando Antonio Rangel Jiménez¹

Asesor en Fitomejoramiento. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Carlos Arturo Viveros Valens

Fitomejorador. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Juan Carlos Ángel Sánchez

Fitopatólogo. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

María Luisa Guzmán Romero

Microbióloga. Bacterióloga.

Luis Antonio Gómez Laverde

Entomólogo. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Germán Andrés Vargas Orozco³

Entomólogo. Ingeniero Agrónomo.

Fernando Ángel Sánchez

Biotecnólogo. Microbiólogo, Ph.D.

Jershon López Gerena

Biotecnólogo. Biólogo, Ph.D.

Paola Tatiana Pérez³

Fitomejoradora. Ingeniera Agrónoma, M.Sc.

Luis Orlando López Zúñiga²

Investigador Temporal Fitomejoramiento. Ingeniero Agrónomo

Mavir Carolina Avellaneda Barbosa²

Investigadora Temporal Microbiología. Microbióloga Industrial

Programa de Agronomía

Jorge Stémbor Torres Aguas

Director. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Fernando Villegas Trujillo³

Ingeniero de Mecanización Agrícola. Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Rafael Quintero Durán¹

Asesor en Nutrición y Fertilización. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

José Ricardo Cruz Valderrama

Ingeniero de Suelos y Aguas. Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Fernando Muñoz Arboleda

Edafólogo. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Armando Campos Rivera¹

Asesor en Manejo de Aguas. Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Luis Arnoby Rodríguez Hurtado¹

Asesor en Mecanización Agrícola. Ingeniero Mecánico, Ph.D.

Alejandro Durán Sanclemente²

Investigador Temporal Maduradores. Ingeniero Agrónomo.

Doris Micaela Cruz Bermúdez²

Investigador Temporal Manejo de Aguas. Ingeniera Agrícola.

Jaime Alberto Urbano Paz²

Investigador Temporal Mecanización Agrícola. Ingeniero Agrícola.

Programa de Procesos de Fábrica

Edgar Fernando Castillo Monroy

Director. Ingeniero Químico, Ph.D.

Jesús Eliécer Larrahondo Aguilar

Químico Jefe. Químico, Ph.D.

Liliana María Calero Salazar

Química. Química, M.Sc.

Nicolás Javier Gil Zapata

Ingeniero de Procesos Químicos. Ingeniero Químico, Ph.D.

Adolfo León Gómez Perlaza¹

Asesor en Procesos Mecánicos. Ingeniero Mecánico, M.Sc.

Sara del Carmen Pereddo²

Ingeniero Químico. Ingeniera Química.

César Fabiany Cañón Saa²

Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

Diego Fernando Cobo Barrera²

Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

Deisci Barrientos Avendaño²

Ingeniera Química. Ingeniera Química.

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

Carlos Arturo Moreno Gil

Biometrista. Estadístico, M.Sc.

Alberto Efraín Palma Zamora

Biometrista. Matemático, M.Sc.

Claudia Posada Contreras

Economista. Economista.

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Camilo Humberto Isaacs Echeverry

Jefe. Ingeniero Agrónomo.

Victoria Eugenia Carrillo Camacho

Especialista en Comunicación Técnica. Comunicadora Social.

Hernán Felipe Silva Cerón²

Administrador Web. Comunicador Social.

Sandra Viviana Castillo Beltrán²

Grupos de Transferencia de Tecnología. Ingeniera Agrónoma.

Angie Franco Mejía²

Grupos de Transferencia de Tecnología. Ingeniera Agrónoma.

Diego Zamorano Álvarez²

Validación de Tecnología. Ingeniero Agrónomo.

Luis Guillermo Amú Caicedo²

Ingeniero Proyecto Corte, Alce y Transporte. Ingeniero Industrial.

Luz Ángela Mosquera Daza²

Estadística. Estadística.

Servicio de Tecnología Informática

Einar Ánderson Acuña

Jefe. Ingeniero Industrial.

Jaime Hernán Caicedo Ángel²

Desarrollo de Software. Ingeniero de Sistemas.

Servicio de Información y Documentación

Adriana Arenas Calderón

Jefe. Bibliotecóloga.

Superintendencia de la Estación Experimental

Javier Alí Carbonell González

Superintendente de Campo. Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Enrique Cortés Betancourt

Meteorólogo. Ingeniero Meteorólogo, M.Sc.

Carlos Andrés Osorio Murillo²

Analista SIG. Ingeniero Topográfico.

1. Contrato de prestación de servicios

2. Contrato a término fijo

3. Comisión estudios de posgrado

Siglas, símbolos y abreviaturas

De instituciones y grupos

Afacom	Asociación Colombiana de Facultades de Comunicación Social
Ascolfi	Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines
Asocaña	Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia
Augura	Asociación de Bananeros de Colombia
Cenicaña	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
Ciat	Centro Internacional de Agricultura Tropical
Cidca	Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (México)
Cideim	Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas
Cincae	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador
Cirad	<i>Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement</i>
CNIAA	Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica
Cogancevalle	Cooperativa de Ganaderos del Centro y Norte del Valle del Cauca
Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
CYTED	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
EEAOC	Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombares"
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Fedepalma	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite
Fedesarrollo	Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo
GTT	Grupo de Transferencia de Tecnología
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
ISSCT	Sociedad Internacional de Técnicos de la Caña de Azúcar (sigla en inglés)
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OMM	Organización Mundial Meteorológica
Procaña	Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña
Socolem	Sociedad Colombiana de Entomología
UIS	Universidad Industrial de Santander

De variedades de caña

CC	Cenicaña Colombia
Co	Coimbatore
CP	Canal Point
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ITV	Instituto Tecnológico Veracruzano
LT Mex	México
MZC	Mayagüez Colombia
N	Natal Sudáfrica
POJ	Profstation Öost Java
Q	Queensland
SP	Sao Paulo

Otras

ABA	Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón
AEPS	Agricultura específica por sitio
AGORA	Acceso a la investigación mundial en el sector agrícola, base de datos en línea
ARE	Azúcar recuperable estimado
ARN	Ácido ribonucleico
ART	Azúcares reductores totales
ASTER	<i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer</i>
BLUP	<i>Best Linear Unbiased Predictor</i>
CAE	Ingeniería asistida por computador (sigla en inglés)
CATE	Corte de caña, alce, transporte y entrega de la materia prima a la fábrica
EVI	<i>Enhanced Vegetation Index</i>
GPS	Sistema de posicionamiento global (sigla en inglés)
HPLC	Cromatografía líquida de alta eficiencia (sigla en inglés)
K	Potasio
LSD	Escaladura de la hoja
MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
N	Nitrógeno
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NIR	Infrarrojo cercano, espectroscopia (sigla en inglés)
P	Fósforo
ppm	Partes por millón
Renova	Modelo económico para apoyar la decisión de renovación en cultivos de caña de azúcar
RMA	Red Meteorológica Automatizada
RSD	Raquitismo de la soca
Rto	Rendimiento
SEF	Sistema Experto de Fertilización
SCMV	Virus del mosaico común de la caña de azúcar
SCSMV	Virus del mosaico rayado
SCYLV	Virus de la hoja amarilla
SEM	Microscopía electrónica de barrido (sigla en inglés)
Siabuc	Sistema Integral Automatizado de Bibliotecas de la Universidad de Colima
SIG	Sistema de información geográfica
Simces	Sistema de información para el manejo de caña específico por sitio
Sivar	Sistema de Información de Variedades
SNICA	Subsistema Nacional de Información en Ciencias Agropecuarias
TAH	Toneladas de azúcar por hectárea
TAHM	Toneladas de azúcar por hectárea y mes
TCH	Toneladas de caña por hectárea
TCHM	Toneladas de caña por hectárea y mes
TSH	Toneladas de sacarosa por hectárea

Referencias bibliográficas

- Arbeláez, M.A.; Fadul Chalela, M. y Velasco, A. 2002. Evaluación económica de Cenicaña. Fedesarrollo. Bogotá. 76p.
- Carbonell G., J.; Amaya E., A., Ortiz U, B.V.; Torres A., J.S.; Quintero D., R.; Isaacs E., C.H.. 2001. Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. Tercera aproximación. Cali, Cenicaña, 59p. (Serie Técnica, no.29)
- Castro, S.; Carazo, G.; Sáiz, M.; Romero, J.; De Blas, C. 1993. Use of enzymatic cDNA amplification as a method of detection of bean yellow mosaic virus. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 99:97-100.
- Cuddihy, J.A.; Porro, M.E.; Rauh, J.S. y Achinte, M. 2006. Presencia de polisacáridos en la fabricación de azúcar y métodos para reducir su efecto negativo. p. 171-181. En: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, VII. Memorias. Cali. Colombia. 6-8 Septiembre, 2006. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Gallego, J.C. 1997. Detección del virus del mosaico amarillo del frijol (BYMV) por métodos biotecnológicos: comparación de técnicas. Tesis de pregrado. Cali-Colombia. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 96p.
- Larrahondo, J.E. 2002. Proyecto pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda. Informe final Contrato Colciencias-Cenicaña 537-97. Cenicaña, Cali. 20p.
- Morel du Boil, P.G. 2001. Losses associated with crystal shape. p.388-389. En: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 24. Proceedings. Brisbane. Australia. 17-21 September, 2001. ASSCT, Mackay. Australia.
- Purdy, L.H. y Dean J.L. 1980. Un sistema para registrar los datos sobre las interacciones entre la roya de la caña de azúcar y el hospedero. p.177-180. En: Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar, 1. Enfermedades de la caña de azúcar. Memorias. Miami, 8-10 octubre, 1980. Vanguard, Miami.
- Ryan, C.C. y Egan, B.T. 1989. Rust. p.189-210. En: Ricaud, C.; Egan, B.T.; Gillaspie, A.G. y Hughes, C.G. (eds.). *Diseases of Sugarcane, Major Diseases*. Elsevier Science publisher B.V., Amsterdam, The Netherlands. 399 p.

Publicación Cenicaña

Comité editorial

Adriana Arenas Calderón
Álvaro Amaya Estévez
Camilo H. Isaacs Echeverry
Edgar Fernando Castillo Monroy
Jorge Ignacio Victoria Kafure
Jorge Stember Torres Aguas
Nohra Pérez Castillo
Victoria Eugenia Carrillo Camacho

Producción editorial

Servicio de Cooperación Técnica
y Transferencia de Tecnología

Coordinación editorial y edición de textos

Victoria Eugenia Carrillo Camacho

Diseño de carátula y diagramación

Alcira Arias Villegas

Mapas

Carlos Andrés Osorio Murillo

Fotografías

Archivo Cenicaña
Huella Comunicaciones

Preprensa e impresión

Feriva S.A.
Cali, Colombia

Se terminó de imprimir
el 10 de marzo de 2008

El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) es una corporación privada sin ánimo de lucro, fundada en 1977 por iniciativa de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña) en representación de la agroindustria azucarera localizada en el valle del río Cauca.

Su misión es contribuir al desarrollo de un sector competitivo por medio de la investigación, la transferencia de tecnología y el suministro de servicios especializados, logrando y manteniendo la excelencia, para que el sector juegue un papel sobresaliente en el mejoramiento socioeconómico y en la conservación de un ambiente productivo, agradable y sano en las zonas azucareras.

Cenicaña desarrolla programas de investigación en Variedades, Agronomía y Procesos de Fábrica, y cuenta con servicios de apoyo en Análisis Económico y Estadístico, Información y Documentación, Tecnología Informática, Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología. Presta servicios de análisis de laboratorio, administra las estaciones de la red meteorológica automatizada y mantiene actualizada la cartografía digital del área cultivada.

Sus recursos de financiación corresponden a donaciones directas realizadas por los ingenios azucareros Carmelita, Castilla Industrial, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Industrial, Risaralda, Sancarlos y Sicarare, y sus proveedores de caña. También adelanta proyectos cofinanciados por otras entidades, especialmente en el marco de programas coordinados por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas".

La Estación Experimental está ubicada en el corregimiento de San Antonio de los Caballeros (Florida, Valle del Cauca), donde se encuentran las oficinas de administración e investigación, la biblioteca, los invernaderos y los laboratorios. La estación ocupa 62 hectáreas localizadas a 3° 21' de latitud norte, 76° 18' de longitud oeste y 1024 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual en este sitio es de 23.5 °C, precipitación media anual de 1160 mm y humedad relativa de 77%.

Las investigaciones sobre el cultivo se realizan en la Estación Experimental y en predios de los ingenios azucareros y los cultivadores de caña. Las investigaciones de fábrica se llevan a cabo en plantas industriales consideradas como ingenios piloto.

CITA BIBLIOGRÁFICA

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2008.

Informe Anual 2007. Cali, Cenicaña. 108 p.